ФИЗИЧЕСКОЕ ОБОЗРѢНІЕ

1911 Г. ТОМЪ 12. № 4.

Трансатлантическій безпроволочный телеграфъ.

Г. Маркони[1]).

Когда я имѣлъ честь выступать раньше передъ этимъ собраніемъ, я описывалъ нѣкоторыя стадіи развитія техническаго примѣненія электрическихъ волнъ къ безпроволочному телеграфу. Сегодня я ограничусь главнымъ образомъ описаніемъ результатовъ и наблюденій, собранныхъ моими сотрудниками и мною во время многочисленныхъ опытовъ, поставленныхъ съ цѣлью доказать, что телеграфированіе безъ проводовъ черезъ Атлантическій океанъ возможно и представляетъ не только чисто научный, но и практическій интересъ, позволяя ввести новый способъ телеграфнаго сообщенія.

Въ мартѣ 1899 г. при помощи моей системы безпроволочнаго телеграфа (фиг. 1) было установлено сообщеніе между Англіей и Франціей черезъ проливъ, и Times отъ 29 марта того-же года помѣстилъ первую телеграмму, переданную въ Англію изъ-заграницы посредствомъ электрическихъ волнъ.

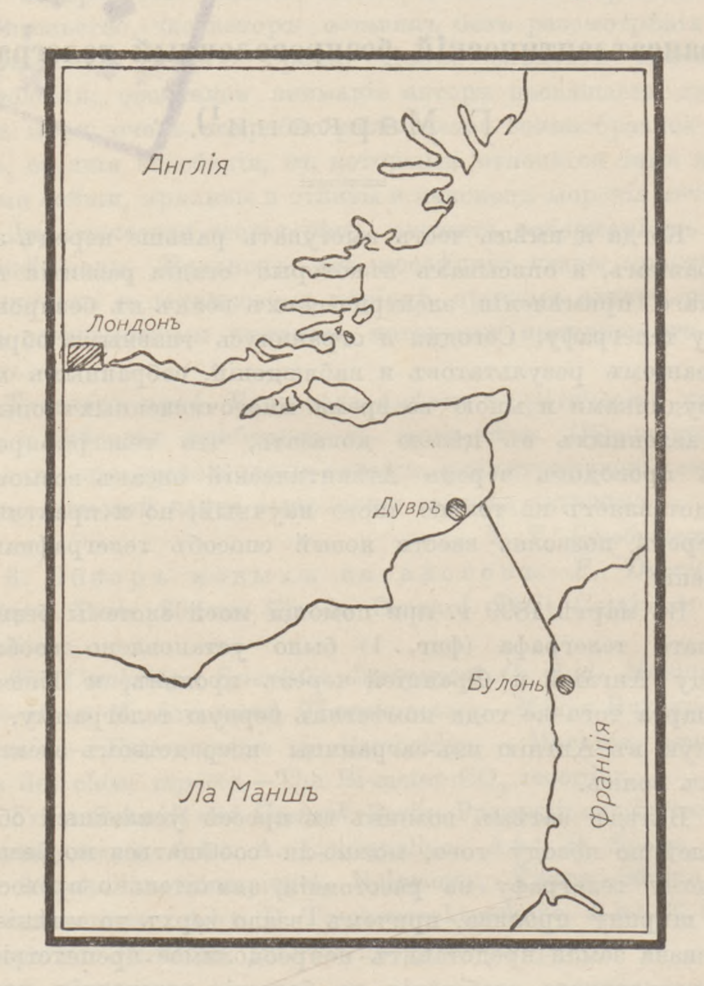
Вслѣдъ затѣмъ возникъ въ прессѣ усиленный обмѣнъ мыслей по поводу того, можно-ли сообщаться по безпроволочному телеграфу на разстоянія, значительно превосходящія ширину пролива, причемъ взяло верхъ то мнѣніе, что кривизна земли представитъ непреодолимое препятствіе для безпроволочнаго сообщенія на большія разстоянія, подобно тому, какъ это имѣетъ мѣсто при передачѣ оптическихъ сигналовъ.

Предвидѣлись и другія трудности, въ особенности опасались того, что на практикѣ окажется невозможнымъ при-

---

[1]) Рѣчь, прочитанная въ Royal Institution.

мѣнить передаточный аппаратъ, который лучеиспускалъ бы достаточное количество электрической энергіи для приведенія въ дѣйствіе пріемнаго аппарата, находящагося на большихъ разстояніяхъ. Но даже если-бы и эта трудность была

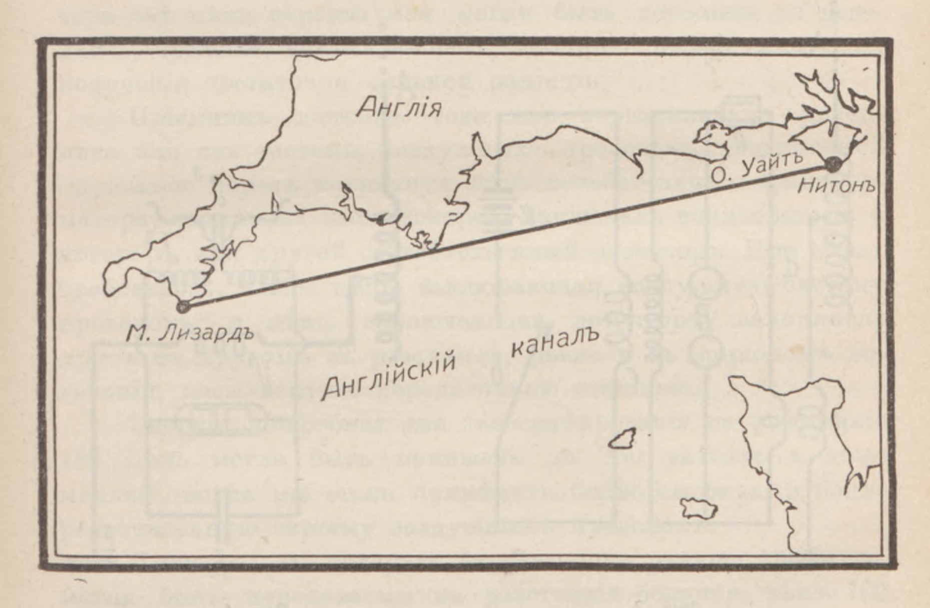


Фиг. 1.

устранена, являлся новый вопросъ, не окажетъ-ли вліянія такой могущественный радіаторъ на правильное дѣйствіе всѣхъ станцій безпроволочнаго телеграфа, расположенныхъ на берегу или на корабляхъ, въ предѣлахъ сферы его дѣйствія.

То, что такъ часто случается, когда мы дѣлаемъ первые шаги при изслѣдованіи новой области явленій, имѣло мѣсто и съ безпроволочнымъ телеграфомъ. Затрудненія, которыя предусматривались, оказались иллюзорными, или-же легко устранимыми; но за то появились неожиданныя препятствія; всѣ мои усилія, равно какъ и моихъ сотрудниковъ, были главнымъ образомъ направлены къ рѣшенію вопросовъ, связанныхъ съ затрудненіями, которыя вовсе не предвидѣлись при первыхъ опытахъ съ безпроволочнымъ телеграфированіемъ на далекія разстоянія.

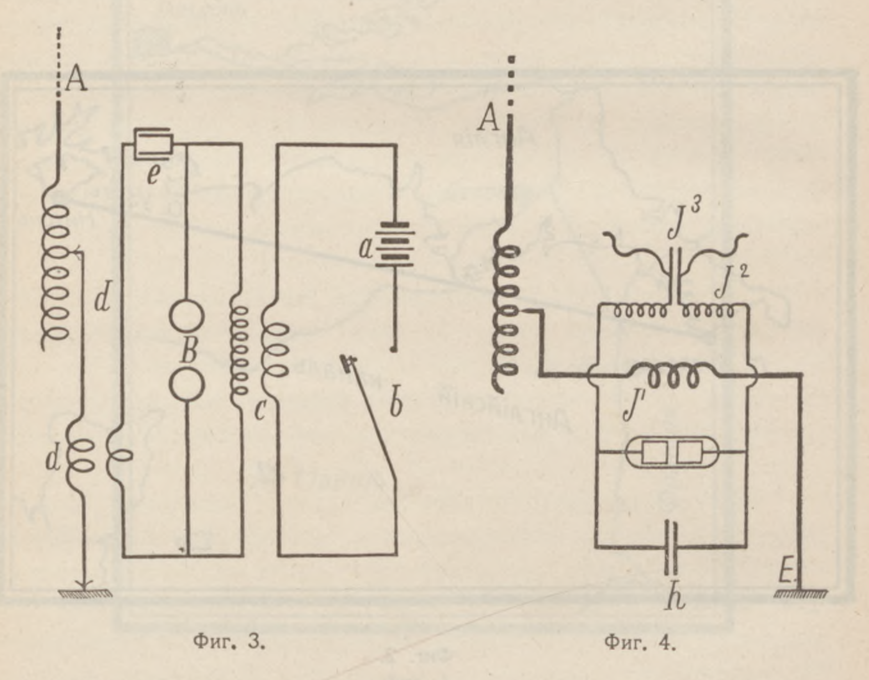
Въ январѣ 1901 г. было установлено безпроволочное сообщеніе между Ст.-Катеринсъ-Пойнтомъ на островѣ Уайтъ и Лизардомъ въ Корнуэллсѣ (фиг. 2), на разстояніи 186 миль.



Фиг. 2.

Высота станціи надъ уровнемъ моря не превосходила 300 футовъ (100 метровъ), между тѣмъ какъ для того, чтобы освободиться отъ ожидаемаго вліянія кривизны земли, требовалась бы на каждомъ изъ приведенныхъ концовъ высота станціи большая, чѣмъ въ 1 милю.

Результаты этихъ опытовъ убѣдили меня совершенно въ томъ, что электрическія волны, возбуждаемыя по моему методу, могли обходить кривизну земли, и что поэтому этотъ факторъ не будетъ, вѣроятно, служить преградой для передачи волнъ на бо̀льшія разстоянія. Къ тому времени я уже значительно подвинулся впередъ, устранивъ при помощи синтоническихъ приспособленій возможность взаимнаго вліянія одной станціи на другую. Проф. Флеммингъ въ письмѣ, напечатанномъ въ „Times'ѣ“ 4 октября 1900 г., описываетъ достигнутые мною результаты, причемъ онъ самъ вмѣстѣ со многими другими былъ свидѣтелемъ моихъ опытовъ. Принципъ, на которомъ были основаны передаточные и пріемные аппараты, указанъ на фиг. 3 и 4.



Фиг. 3. Фиг. 4.

На передаточномъ концѣ, конденсаторъ, имѣющій обыкновенно форму баттареи лейденскихъ банокъ, былъ соединенъ одною своею обмоткою съ однимъ изъ полюсовъ индукціонной катушки или трансформатора, а второю съ первичною обмоткою колебательнаго трансформатора. Противоположный конецъ обмотки этого трансформатора былъ соединенъ со

вторымъ полюсомъ катушки. Конденсаторъ заряжался посредствомъ индукціонной катушки до потенціала, необходимаго для того, чтобы вызвать соотвѣтственную искру. Вторичная обмотка колебательнаго трансформатора вставлялась между вертикальнымъ проводникомъ, или воздушной системой проволокъ и землею, и въ эту цѣпь вводилась еще индукціонная катушка.

Цѣпи, состоящія изъ колебательной цѣпи и лучеиспускающей цѣпи, были болѣе или менѣе точно настроены другъ съ другомъ путемъ измѣненія разстоянія между первичною и вторичною цѣпями колебательнаго трансформатора. Соотвѣтственнымъ подборомъ самоиндукціи, вводимой между вертикальнымъ проводникомъ и землею, и измѣненіемъ емкости первичной цѣпи колебательнаго трансформатора обѣ цѣпи передатчика могли быть доведены до резонанса,—условіе, какъ я нашелъ, безпорно необходимое для полученія достаточно сильной радіаціи.

Пріемникъ состоялъ тоже изъ вертикальнаго проводника или изъ системы воздушныхъ проволокъ, соединенной съ землею черезъ первичную цѣпь колебательнаго трансформатора, вторичная цѣпь котораго заключала конденсаторъ и когереръ или другой соотвѣтственный детекторъ. При этомъ требовалось, чтобы цѣпь, заключающая воздушную систему проволокъ, и цѣпь, заключающая детекторъ, находились другъ съ другомъ въ резонансѣ, равно и съ періодомъ колебаній, посылаемыхъ передаточною станціею.

Энергія, потребная для телеграфированія на разстояніе 186 миль могла быть понижена до 150 уаттовъ и даже меньше, когда мы стали примѣнять болѣе высокую и болѣе развѣтвленную систему воздушныхъ проволокъ.

Легкость, съ которою сигналы еще раньше 1900 года могли быть передаваемы на разстоянія большія, чѣмъ 100 миль, и успѣхъ, который дало примѣненіе методовъ для устраненія взаимнаго вліянія станцій, заставили меня предпринять постройку двухъ большихъ станцій, одну въ Корнуэлльсѣ, а другую въ Сѣверной Америкѣ, для рѣшенія основного вопроса: возможна-ли передача телеграммъ черезъ Атлантическій океанъ.

Меня часто спрашивали, почему я сначала не стремился къ установленію коммерческаго телеграфнаго сообще-

нія между менѣе отдаленными мѣстами. Отвѣтъ на это весьма простой. Кабели, соединяющіе Англію съ континентомъ, равно какъ и большинство континентальныхъ странъ другъ съ другомъ, составляютъ собственность государствъ, и соотвѣтственныя правительства не разрѣшили и не разрѣшатъ установленія какой бы то ни было системы телеграфа, безпроволочнаго или другого, которая могла-бы понизить доходность заложенныхъ ими кабелей.

Что-же касается трансатлантическаго сообщенія, то тамъ условія были другія. Ни въ Англіи, ни въ Канадѣ, ни въ Соединенныхъ Штатахъ, не было закона, который запрещалъ-бы эксплоатацію безпроволочнаго телеграфа черезъ Атлантическій океанъ.

Но кромѣ этого, еще другая важная причина экономическаго характера заставила меня попытаться установить сообщеніе съ Америкою. Несмотря на большую стоимость станцій высокой мощности, я убѣжденъ, что гораздо прибыльнѣе пересылать телеграммы черезъ Атлантическій океанъ по 24 коп. за слово, чѣмъ черезъ Ла-Маншъ по 2 коп., и что экономическое преимущество безпроволочнаго телеграфа надъ кабельными и сухопутными линіями увеличивается съ растояніемъ, а не уменьшается.

Мѣсто для станціи было выбрано въ Польдю, въ Корнуэллься, гдѣ въ 1900 г. я самымъ серьезнымъ образомъ приступилъ къ работамъ, причемъ проф. Дж. А. Флеммингъ оказывалъ мнѣ дѣятельную помощь. Передатчикъ въ Польдю по принципу былъ похожъ на тотъ, который я уже описалъ, но очевидно, что значительное разстояніе, на которое предполагалось передавать сигналы, требовало примѣненія гораздо болѣе сильныхъ электромагнитныхъ волнъ, чѣмъ всѣ тѣ, которыя до сихъ поръ употреблялись. Они получались посредствомъ установки, состоявшей изъ альтернатора съ производительностью въ 25 килоуаттовъ, который при посредствѣ соотвѣтственныхъ трансформаторовъ заряжалъ конденсаторъ со стекляннымъ діэлектрикомъ особой прочности.

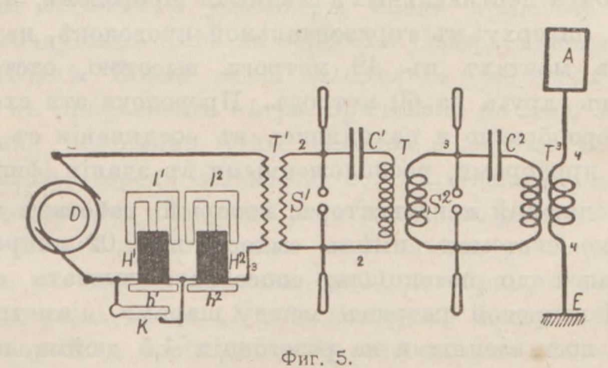
Время не позволяетъ мнѣ описать подробно всѣ тѣ техническія трудности, съ которыми мнѣ пришлось бороться при подчиненіи своей власти электрическихъ колебаній безпримѣрной мощности; а такъ какъ средства для этихъ

опытовъ были доставлены коммерческой организаціей, цѣль которой не состояла исключительно въ развитіи науки, то вы поймете, что подробное описаніе устройства трансатлантическихъ станцій, по крайней мѣрѣ теперь, не можетъ еще быть предано гласности.

Мои начальные опыты надъ безпроволочною передачею при посредствѣ высокихъ проводниковъ убѣдили меня въ томъ, что всѣ попытки увеличенія разстоянія между станціями, основанныя исключительно на увеличеніи мощности электрической энергіи, примѣняемой къ передаточной цѣпи, почти безполезны, и что нужно одновременно увеличивать поверхность или высоту передачи ихъ и воспринимающихъ высокихъ проводниковъ.

Въ виду того, что изъ-за экономическихъ соображеній оказалось невозможнымъ употреблять вертикальныя проволоки значительной высоты, остался только одинъ выходъ, а именно увеличить размѣры или емкость проволокъ, что на основаніи фактовъ, замѣченныхъ мною впервые въ 1895 г., должно было способствовать цѣлесообразному использованію большихъ количествъ электрической энергіи.

Форма воздушной системы, которую я предложилъ въ началѣ, состояла изъ конически расположенныхъ проволокъ, изолированныхъ вверху и собранныхъ внизу вмѣстѣ на подобіе воронки. Эта воздушная система поддерживалась при помощи 20 мачтъ, изъ коихъ каждая имѣла въ высоту 200 футовъ, а всѣ вмѣстѣ онѣ были расположены кольцомъ, діаметромъ въ 200 футовъ.



Фиг. 5.

Во время первыхъ опытовъ примѣнялось расположеніе цѣпей (фиг. 5), предложенное проф. Флеммингомъ, и пред-

ставляющее видоизмѣненіе системы, изображенной на фиг. 3-й. Въ этомъ расположеніи вмѣсто одной цѣпи колебаній съ большою частотою введены двѣ постоянныя, которыя подобраны такъ, что одинъ изъ конденсаторовъ можетъ давать разряды очень высокаго напряженія,—тотъ именно, который индуктивно соединенъ съ воздушною системою,—безъ всякаго вреда для цѣпей генератора.

Одновременно съ устройствомъ станціи въ Польдю была предпринята постройка другой станціи, въ главныхъ чертахъ по тому-же плану, на мысѣ Кодъ, въ Соединенныхъ Штатахъ Америки.

Окончательное оборудованіе станцій запоздало вслѣдствіе бури, которая повредила мачты и воздушную систему въ Польдю 18 сентября 1901 г., но къ концу ноября воздушная система была уже настолько исправлена, что я могъ закончить предварительные опыты, которые по моему мнѣнію должны были непремѣнно предшествовать первымъ попыткамъ сообщенія черезъ Атлантическій океанъ.

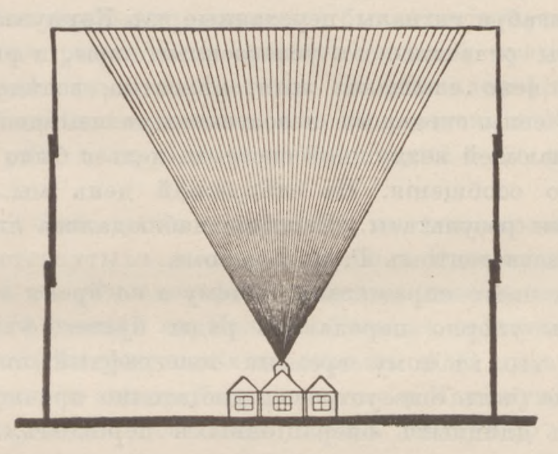
Другой несчастный случай съ машинами на мысѣ Кодъ долженъ былъ задержать опыты еще на нѣсколько мѣсяцевъ. Поэтому я рѣшилъ воспользоваться пока временной пріемной станціей въ Ньюфаундлендѣ, чтобы испытать, насколько правильно было выполнено оборудованіе станціи въ Корнуэллсѣ.

Передаточный высокій проводникъ, примѣняемый въ Польдю во время опытовъ съ Ньюфаундлендомъ, состоитъ изъ 50 почти вертикальныхъ мѣдныхъ проволокъ, прикрѣпленныхъ наверху къ горизонтальной проволокѣ, натянутой на двухъ мачтахъ въ 48 метровъ высотою, отстоящихъ другъ отъ друга на 60 метровъ. Проволоки эти сходились внизу вѣерообразно и находились въ соединеніи съ передаточными приборами, расположенными въ зданіи (фиг. 6).

Передающій конденсаторъ, который работалъ съ этою воздушною системою, имѣлъ емкость въ 0,02 микрофарада и заряжался до потенціала, способнаго вызвать соотвѣтственный искровой разрядъ между шарами, діаметромъ въ 3 дюйма, поставленными на разстояніи 1,5 дюйма, причемъ длина волны равнялась 1200 футамъ. Мощность машинъ,

примѣненныхъ для производства волнъ, была около 15 килоуаттовъ.

Я отправился въ Ньюфаундлендъ 27 ноября 1901 г. съ двумя ассистентами. Такъ какъ въ это время года было немыслимо устроить постоянное сооруженіе съ высокими полюсами, то я рѣшился произвести опыты при помощи принимающихъ аппаратовъ, соединенныхъ съ вертикальными проволоками, поддерживавшимися воздушными шарами или змѣями. Такую систему я примѣнялъ уже раньше, въ 1897 г., руководя опытами Главнаго почтоваго вѣдомства черезъ Бристольскій проливъ.



Фиг. 6

Нужно, однако, замѣтить, что методъ этотъ оказался далеко не легкимъ и удобнымъ, когда пришлось пускать вверхъ воздушные змѣи на берегахъ Ньюфаундленда въ декабрѣ мѣсяцѣ. Когда змѣи находились уже вверху, то перемѣны въ направленіи вѣтра, причиняли не мало затрудненій, мѣняя постоянно углы наклона и высоты проволокъ, что въ свою очередь вызывало соотвѣтственныя измѣненія въ электроемкости и періодѣ электрическаго резонанса. Я поручилъ своимъ ассистентамъ въ Польдю, въ Корнуэлльсѣ, посылать ежедневно, начиная съ 11 декабря, въ опредѣленные часы, рядъ буквъ „*S*“, за которыми должно было слѣдовать короткое сообщеніе; все это должно было передаваться съ заранѣе установленною скоростью, впродол-

женіе десяти минутъ, смѣняясь затѣмъ пятиминутнымъ перерывомъ.

Вслѣдствіе постоянныхъ измѣненій емкости воздушной проволоки въ Ньюфаундлендѣ было замѣчено, что обыкновенный синтоническій пріемникъ не годился, хотя въ одно время онъ отмѣтилъ цѣлый рядъ сомнительныхъ сигналовъ. Поэтому я испыталъ различные микрофонные самовозстановляющіеся когереры, помѣщая ихъ или прямо въ воздушную систему, или-же во вторичную цѣпь колебательнаго трансформатора, причемъ сигналы наблюдались посредствомъ телефона.

12 декабря сигналы, переданные изъ Корнуэлльса, были восприняты отчетливо въ условленные часы, и рядъ буквъ „*S*" былъ ясно слышенъ, хотя, вѣроятно, вслѣдствіе недостаточной силы сигналовъ и постоянныхъ измѣненій высоты воспринимающей воздушной системы, нельзя было разобрать ни одного сообщенія. На слѣдующій день мы получили опять тѣ-же результаты. Сигналы наблюдались лично мною и моимъ ассистентомъ Г. С. Кемпомъ.

Меня часто спрашивали, почему я во время этихъ опытовъ такъ упорно передавалъ ряды буквъ „*S*". Причина была та, что къ тому времени телеграфный аппаратъ въ Польдю не былъ еще устроенъ достаточно прочно и не выдерживалъ длинныхъ операціонныхъ періодовъ, въ особенности когда передавались нѣкоторыя сложныя буквы, между тѣмъ какъ для передачи буквы „*S*" можно было примѣнять автоматическій приборъ. Слѣдуетъ еще замѣтить, что непосредственную цѣль этихъ опытовъ составляла не передача сообщеній черезъ Атлантическій океанъ, а лишь доказательство возможности открытія дѣйствія электрическихъ волнъ на разстояніи 2000 миль.

Полученные результаты, несмотря на несовершенство примѣненныхъ въ опытахъ приспособленій и приборовъ, убѣдили меня и моихъ сотрудниковъ въ томъ, что располагая постоянными станціями, т. е. такими, которыя могутъ обойтись безъ воздушныхъ шаровъ и змѣевъ для поддерживанія вертикальной проволоки, и большею электрической мощностью для передатчика, можно будетъ посылать сообщенія черезъ Атлантическій океанъ съ такою-же легкостью, какъ и на меньшія разстоянія.

Два мѣсяца спустя, въ февралѣ 1902 г., были произведены новые опыты между Польдю и пріемной станціей на бортѣ американскаго парохода „Филадельфія“, во время его путешествія изъ Саутгемптона въ Нью-Іоркъ.

Въ Польдю примѣнялся тотъ-же передаточный аппаратъ, что и въ опытахъ съ Ньюфаундлендомъ. Воздушная система пріемника была прикрѣплена къ главной мачтѣ, вершина которой возвышалась на 60 метровъ надъ уровнемъ океана. Такъ какъ вертикальный проводникъ былъ прикрѣпленъ, а не качался въ воздухѣ вмѣстѣ съ воздушнымъ шаромъ или змѣемъ, какъ въ Ньюфаундлендскихъ опытахъ, то съ синтоническимъ пріемникомъ были достигнуты удовлетворительные результаты, причемъ сигналы прямо записывались Морзовскимъ аппаратомъ. На „Филадельфіи“ вполнѣ ясныя сообщенія получались еще на разстояніи 1551 миль, а буквы „*S*“ и другіе условные знаки — на разстояніи 2099 миль.

Хотя я никогда не сомнѣвался въ реальности результатовъ, достигнутыхъ между Польдю и Ньюфаундлендомъ, въ опытахъ съ „Филадельфіей“ я нашелъ полное подтвержденіе того, что станція въ Польдю была въ состояніи передавать сигналы на разстоянія не меньше 2000 миль, которое равно разстоянію между Корнуэлльсомъ и Ньюфаундлендомъ.

Въ научномъ отношеніи весьма интересно отмѣтить сильное вліяніе солнечнаго свѣта на распространеніе электрическихъ волнъ на далекія разстоянія; впервые я замѣтилъ его во время опытовъ на пароходѣ „Филадельфія“.

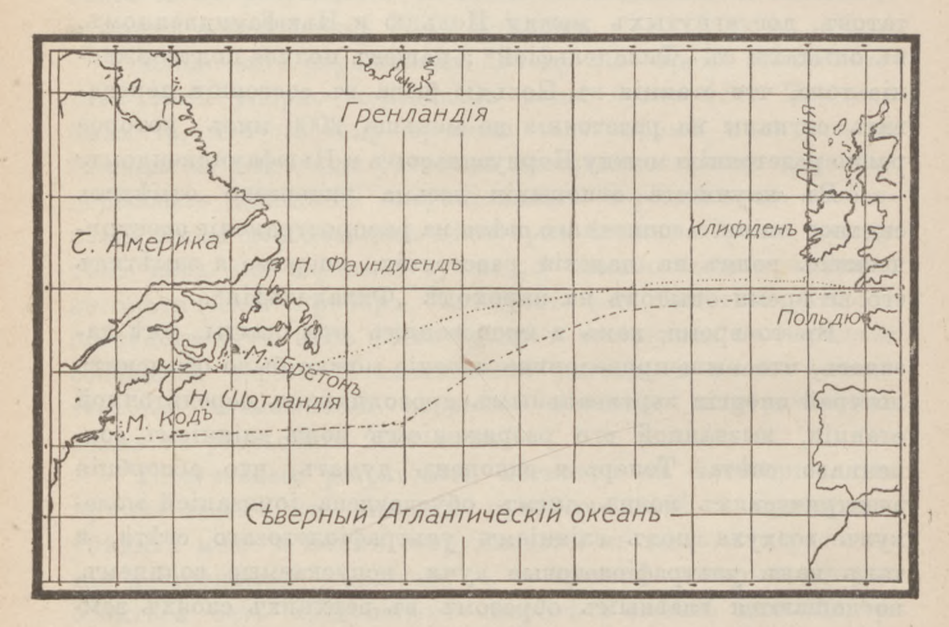
Въ то время, какъ я производилъ эти опыты, мнѣ казалось, что вышеприведенное явленіе можно было объяснить потерей энергіи вертикальнымъ проводникомъ передаточной станціи, вызванной его разряженіемъ подъ вліяніемъ солнечнаго свѣта. Теперь я склоненъ думать, что абсорбція электрическихъ волнъ днемъ обусловлена іонизаціей молекулъ воздуха подъ вліяніемъ ультрафіолетоваго свѣта, и такъ какъ ультрафіолетовые лучи, испускаемые солнцемъ, поглощаются главнымъ образомъ въ верхнихъ слояхъ земной атмосферы, то, по всей вѣроятности, часть атмосферы, обращенная къ солнцу, заключаетъ больше іоновъ или электроновъ, чѣмъ другая ея часть, находящаяся въ темнотѣ,

а потому, какъ показалъ проф. Дж. Дж. Томсонъ, освѣщенный и іонизированный воздухъ поглощаетъ нѣкоторую часть энергіи электрическихъ волнъ.

Какова бы ни была его теорія, несомнѣненъ тотъ фактъ, что яркій солнечный свѣтъ и голубое небо, будучи прозрачными для свѣта, дѣйствуютъ на сильныя Герцовскія волны, какъ густой туманъ.

Поэтому, господствующія въ Англіи климатическія условія, въ большинствѣ случаевъ благопріятны для безпроволочной телеграфіи на большія разстоянія.

Повидимому, амплитуда и длина волнъ электрическихъ колебаній оказываютъ большое вліяніе на это интересное явленіе; такъ, малыя амплитуды и длинныя волны подвержены дѣйствію дневного свѣта въ меньшей мѣрѣ, чѣмъ большія амплитуды и короткія волны. Я никогда не считалъ этого дѣйствія дневного свѣта за непреодолимое препятствіе для трансатлантической телеграфіи, такъ какъ при отправленіи волнъ въ дневное время всегда можно настолько



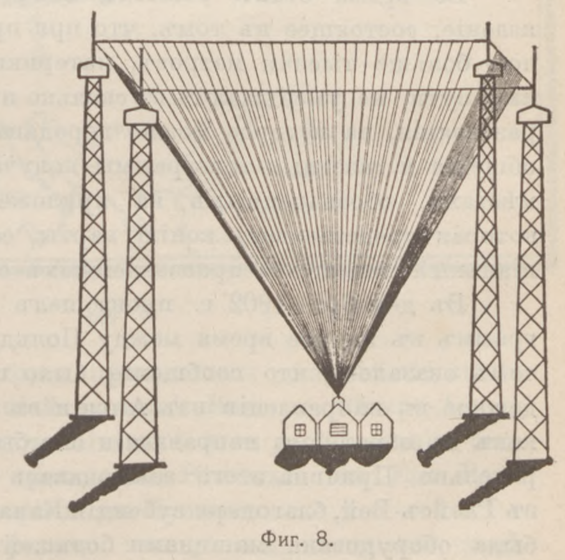
Фиг. 7.

усилить ихъ электрическую энергію, чтобы пополнить потери послѣдней при передачѣ черезъ среду.

Возвращаясь опять къ Ньюфаундленду, я долженъ замѣтить, что я не могъ ни продолжать, ни развивать дальше моихъ опытовъ въ этой странѣ, вслѣдствіе враждебнаго отношенія Англо-Американской Телеграфной Компаніи, которая отстаивала свои исключительныя права на всѣ виды телеграфнаго сообщенія съ Ньюфаундлендомъ (фиг. 7).

Воспользовавшись предложеніемъ Канадскаго правительства и заручившись его помощью, я рѣшился возобновить свои опыты между Великой Британіей и Канадой тѣмъ болѣе, что Канадское правительство значительно облегчило мою задачу выдачею мнѣ субсидіи въ 16.000 фунтовъ стерлинговъ (около 160.000 руб.). Поэтому я немедленно приступилъ къ сооруженію новой станціи для сообщеній на далекія разстоянія въ Глейсъ-Бей, въ Новой Шотландіи, (Nova Scotia) и произвелъ цѣлый рядъ разностороннихъ опытовъ между ней и Польдю впродолженіе второй половины 1902 г.

Одновременно съ сооруженіемъ станціи въ Глейсъ-Бей были произведены многочисленныя измѣненія и усовершенствованія въ Польдю. Тамъ, въ углахъ квадрата со сторонами въ 200 футовъ, были воздвигнуты четыре деревянныя башни высотою въ 210 футовъ каждая. Башни были снабжены на своихъ вершинахъ изолирующими подставками, къ которымъ была подвѣшена коническая поверхность, состоящая изъ 600 проволокъ, расположенныхъ серіями, вслѣдствіе чего можно было пользоваться либо всѣми проволоками одновременно, либо большею или меньшею ихъ частью (фиг. 8). Постройки для электрическихъ ма-



Фиг. 8.

шинъ и приспособленій были воздвигнуты въ центрѣ квадрата между башнями. Наконецъ, были прибавлены новыя машины и произведены измѣненія сообразно съ результатами прежнихъ опытовъ.

Точно такія-же башни и воздушныя системы были въ то-же время устроены въ Глейсъ-Бей и въ строющейся новой станціи на мысѣ Кодъ въ Массачуссетѣ.

Въ большинствѣ опытовъ, произведенныхъ въ Польдю, емкость передающаго конденсатора равнялась 0,33 микрофарада, длина искры 1,75 дюйма и длина волны 3600 футамъ. Въ этихъ и въ послѣдующихъ опытахъ система двойного конденсатора проф. Флемминга была замѣнена одиночнымъ конденсаторомъ, причемъ расположеніе было аналогично, указанному на фиг. 3-й.

Время, необходимое для сооруженія и оборудованія станціи въ Глейсъ-Бей, я использовалъ, производя опыты передачи сигналовъ изъ Польдю на большія разстоянія. Эти опыты были значительно облегчены, благодаря содѣйствію, оказанному мнѣ Италіанскимъ правительствомъ, которое предоставило въ мое распоряженіе крейсеръ „Carlo Alberto“.

Во время этихъ опытовъ было замѣчено интересное явленіе, состоящее въ томъ, что при примѣненіи волнъ длиною больше тысячи метровъ, материки и горы, лежащія на ихъ пути, не уменьшаютъ въ сколько нибудь замѣтной мѣрѣ разстоянія, на которое можно передавать сигналы. Такъ, сообщенія и газетныя телеграммы получались изъ Польдю въ мѣстахъ, обозначенныхъ на приложенной картѣ (фиг. 9), которая представляетъ копію карты, сопровождавшей оффиціальный докладъ о произведенныхъ опытахъ.

Въ декабрѣ 1902 г. произошелъ первый обмѣнъ телеграммъ въ ночное время между Польдю и Глейсъ-Бей, причемъ оказалось, что сообщеніе было плохое и весьма ненадежное въ направленіи изъ Англіи въ Канаду, между тѣмъ какъ въ обратномъ направленіи оно было вполнѣ удовлетворительно. Причина этого заключалась въ томъ, что станція въ Глейсъ-Бей, благодаря субсидіи Канадскаго правительства, была оборудована машинами большей мощности и лучшаго качества, что же касается Польдю, то въ виду неопредѣ-

лившагося еще къ тому времени отношенія Британскаго правительства къ вопросу объ эксплоатаціи станціи въ Польдю, мое Общество не было расположено рисковать новымъ капиталомъ для увеличенія дальноносности станціи.

Это былъ безъ сомнѣнія первый случай сообщенія по безпроволочному телеграфу между Канадой и Англіей, мною были посланы всеподданнѣйшія телеграммы государямъ Англіи и Италіи, которые оказали мнѣ значительное содѣйствіе и нравственную поддержку въ моихъ трудахъ и которые въ своихъ всемилостивѣйшихъ отвѣтахъ выразили мнѣ свою признательность за достигнутые результаты. Въ то же время были посланы телеграммы Канадскимъ правительствомъ въ Англію.



Фиг. 9.

Вскорѣ затѣмъ были произведены дальнѣйшіе опыты съ далеконосной станціей на мысѣ Кодъ въ Сѣверо-Американскихъ Соединенныхъ Штатахъ и съ этой станціи была выслана телеграмма президента Рузвельта къ Его Величеству Англійскому королю въ Лондонъ.

Относительно передачи телеграммы, интересно замѣтить, что мощность, примѣненная на мысѣ Кодъ, была равна

всего 10 килоуаттовъ; до этого опыта никакъ нельзя было предположить, что столь малаго количества энергіи хватитъ для прямого сообщенія съ Польдю. Поэтому въ Глейсъ-Бей было дано распоряженіе ожидать телеграммы изъ мыса Кодъ и передать ее немедленно безпроволочно въ Польдю, гдѣ мой ассистентъ г. Вудвордъ принялъ ее при помощи одного изъ моихъ магнитныхъ детекторовъ. Электромагнитныя волны, передавшія эту телеграмму прошли такимъ образомъ пространство въ 3000 миль, изъ которыхъ 500 надъ сушею, что соотвѣтствуетъ дугѣ въ 45° по большому кругу.

II.

Весною 1903 году мы попытались посылать агентскія телеграммы изъ Америки лондонскому Times'у съ цѣлью доказать возможность правильной передачи телеграммъ изъ Америки посредствомъ новаго метода, и нѣкоторое время эти телеграммы получались вполнѣ правильно и печатались въ этой газетѣ.

За конецъ марта и начало апрѣля въ лондонскомъ Times'ѣ было помѣщено 267 словъ, переданныхъ изъ Америки по безпроволочному телеграфу. Къ несчастью, порча въ изоляціи приборовъ въ Глейсъ-Бей заставила насъ прекратить обслуживаніе Times'а, къ тому-же отъ другихъ поврежденій станціи сообщеніе съ Англіей стало неправильнымъ и ненадежнымъ. Вслѣдствіе этого было рѣшено прекратить въ данное время публичную телеграфную службу до тѣхъ поръ, пока не удастся установить вполнѣ надежнаго сообщенія въ обоихъ направленіяхъ.

Такъ какъ къ станціямъ въ Польдю и на мысѣ Бретонъ оказалось невозможнымъ примѣнить многихъ усовершенствованій и видоизмѣненій, на которыя прямо указывали многочисленные произведенные нами опыты, то было рѣшено построить совсѣмъ новую далеконосную станцію въ Ирландіи и станцію въ Глейсъ-Бей перенести въ другое мѣсто по сосѣдству, гдѣ въ нашемъ расположеніи было достаточно земли для опытовъ съ воздушными системами гораздо большихъ размѣровъ, чѣмъ тѣ, которыя нами примѣнялись до сихъ поръ.

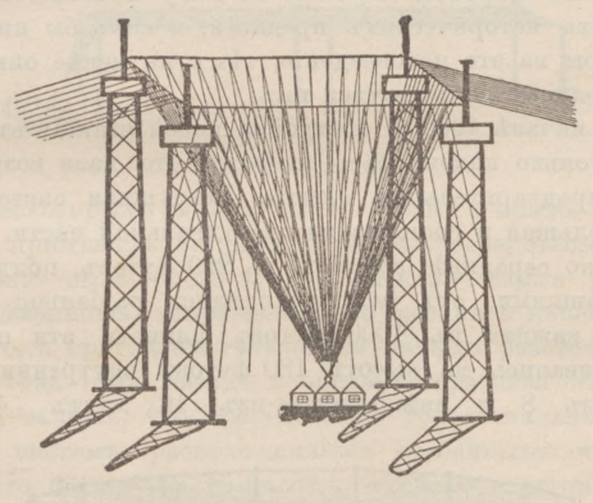
Несмотря на это, мы не прекращали опытовъ въ Польдю, и въ октябрѣ 1903 г. оказалось возможнымъ снаб-

жать пароходъ Кунардской линіи „Луканію“, въ теченіе всего времени его плаванія изъ Нью-Іорка въ Ливерпуль, свѣжими новостями, передаваемыми прямо съ берега.

Въ ноябрѣ того же года, по порученію Британскаго адмиралтейства, были произведены опыты между Польдю и кораблемъ „Дунканъ“, аналогичные съ тѣми, которые были произведены съ Италіанскимъ крейсеромъ.

Сообщеніе съ Польдю поддерживалось въ теченіе всего плаванія этого броненосца изъ Портсмута въ Гибралтаръ Слѣдуетъ замѣтить, что разстояніе между Корнуэлльсомъ и Гибралтаромъ составляетъ 1000 миль, изъ которыхъ 500 по водѣ и 500 по сушѣ.

Воздушная система въ Польдю была вскорѣ увеличена прибавленіемъ проволокъ, спускающихся внизъ зонтикообразно, какъ указано на фиг. 10. Этимъ была увеличена



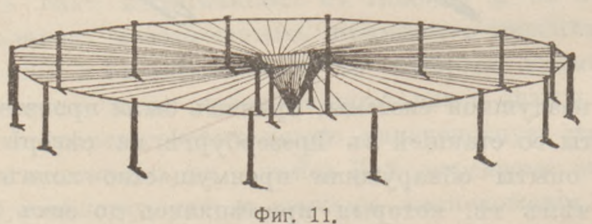
Фиг. 10.

емкость воздушной системы, причемъ были произведены новые опыты со станціей въ Фрезербургѣ, на сѣверѣ Шотландіи. Эти опыты обнаружили преимущество волнъ большей длины, чѣмъ тѣ, которыя примѣнялись до сихъ поръ, въ особенности для телеграфированія по сушѣ; такъ, при длинѣ волны въ 14.000 футовъ (4 версты) оказалось возможнымъ телеграфировать на разстояніе 550 миль, при затратѣ энергіи всего въ 1 килоуаттъ.

Далеконосныя станціи въ Англіи и Америкѣ дали возможность передавать телеграфныя сообщенія кораблямъ, независимо отъ положенія, въ которомъ они находились между Европой и Сѣверной Америкой; и, безъ сомнѣнія, Кунардская линія, будь это сказано къ ея чести, значительно способствовала развитію далеконосной безпроволочной телеграфіи; такъ, къ началу іюня 1904 г., она могла уже издавать на своихъ главныхъ пароходахъ ежедневную газету, заключавшую телеграммы изъ Европы и Америки.

Такая ежедневная газета привилась теперь на всѣхъ большихъ пароходахъ, плавающихъ между Нью-Іоркомъ и Средиземнымъ моремъ, и своимъ существованіемъ она обязана исключительно безпроволочному телеграфу. Такимъ образомъ, спокойствіе и полная изоляція отъ всего внѣшняго міра, которыми можно еще теперь наслаждаться на нѣкоторыхъ пароходахъ, мало по малу начинаютъ входить въ область историческихъ преданій, и какъ бы ни роптали пассажиры на это нововведеніе, тѣмъ не менѣе они не упускаютъ случая пользоваться имъ.

Въ началѣ 1905 г. постройка новой станціи въ Глейсъ-Бей настолько подвинулась впередъ, что дала возможность начать предварительные опыты. Воздушная система была очень большая и состояла изъ вертикальной части, расположенной по серединѣ, высотою въ 220 футовъ, поддерживаемой 4 башнями; отъ нея расходились радіально 200 проволокъ, каждая въ 1000 футовъ длиною; эти проволоки поддерживались на высотѣ 180 футовъ внутреннимъ кольцомъ изъ 8 и внѣшнимъ — изъ 16 мачтъ (фиг. 11).

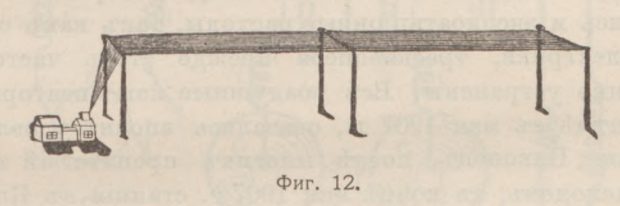


Фиг. 11.

Естественный періодъ колебаній этой воздушной системы давалъ длину волны въ 12.000 футовъ; обычная емкость равнялась 1,8 микрофарада, а длина искры 0,75 дюйма.

Съ этой станціи въ Польдю получались сигналы и сообщенія, какъ днемъ, такъ и ночью, но станція тогда еще не была использована для общественныхъ нуждъ въ виду того, что сигналы, воспринимаемые въ Польдю, были весьма слабы, а станція, строившаяся въ Ирландіи по тому-же плану, не была еще закончена.

Дальнѣйшимъ шагомъ къ усовершенствованію нужно считать примѣненіе направляющей воздушной системы, указанной на фиг. 12-й. Обыкновенныя воздушныя системы, описанныя мною, посылаютъ электрическія радіаціи одинаково во всѣхъ направленіяхъ. Во многихъ случаяхъ, однако, это нежелательно. Для ограниченія направленія радіацій различными изслѣдователями были предложены различные методы, особенно Гг. Артомомъ, Брауномъ и Беллини-Тосси.



Фиг. 12.

Въ нѣкоторыхъ изъ самыхъ первыхъ моихъ опытовъ 1896 г. я примѣнялъ мѣдныя зеркала, посредствомъ которыхъ можно было послать лучъ электрическихъ радіацій въ опредѣленномъ направленіи, но вскорѣ я нашелъ, что этотъ методъ пригоденъ только для малыхъ разстояній.

Три года тому назадъ я опять возвратился къ этому вопросу и нашелъ, что посредствомъ горизонтальныхъ воздушныхъ системъ, расположенныхъ особеннымъ образомъ, можно было по выбору направить дѣйствіе электрическихъ волнъ главнымъ образомъ въ опредѣленную сторону. Правда, ограниченіе передачи по одному направленію не можетъ быть строго выполнено, но во всякомъ случаѣ оно оказывается весьма полезнымъ. Практическій результатъ этого метода заключался въ томъ, что электрическія колебанія распространялись на большія разстоянія въ желаемомъ направленіи въ то время, какъ въ другихъ направленіяхъ они распространялись только на малыя разстоянія, и что съ воздушными системами средней высоты можно было переда-

вать сигналы на большія разстоянія въ данномъ направленіи, чѣмъ во всѣхъ направленіяхъ съ обыкновенными воздушными системами той-же высоты.

Послѣ примѣненія этого типа воздушной системы въ Глейсъ-Бей обнаружилось значительное усиленіе сигналовъ, получаемыхъ въ Польдю. Поэтому было рѣшено ввести направляющія воздушныя системы на всѣхъ далеконосныхъ станціяхъ.

Дальнѣйшимъ усовершенствованіемъ, примѣненнымъ въ Клифденѣ и Глейсъ-Бей, было введеніе воздушныхъ конденсаторовъ, образованныхъ изолированными металлическими пластинками подвѣшенными въ воздухѣ при обыкновенномъ давленіи. Благодаря этому, возможно избѣгать разсѣянія энергіи, обусловленной потерями вслѣдствіе діэлектрическаго гистерезиса въ стеклѣ прежнихъ конденсаторовъ, причемъ понизились и эксплоатаціонные расходы, такъ какъ стеклянные діэлектрики, трескавшіеся прежде столь часто, были совершенно устранены. Всѣ воздушные конденсаторы, бывшіе въ дѣлѣ съ мая 1907 г., оказались вполнѣ удовлетворительными. Наконецъ, послѣ многихъ препятствій и немалыхъ расходовъ, въ концѣ мая 1907 г. станція въ Клифденѣ была готова, послѣ чего немедленно начались опыты телеграфированія въ Глейсъ-Бей.

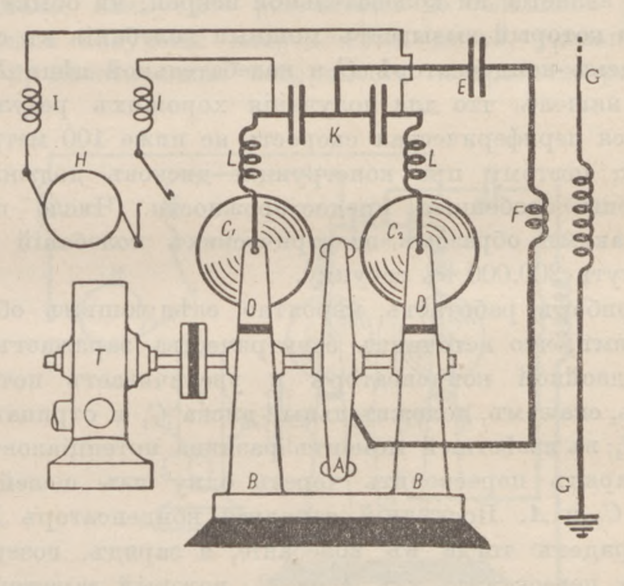
Длина волны, примѣненная въ этихъ опытахъ, была 12.000 футовъ, емкость конденсатора—1,6 микрофарада и потенціалъ, до котораго онъ заряжался, 80.000 вольтъ.

На мысѣ Бретонъ съ самаго начала получались хорошіе сигналы, но зато встрѣтились нѣкоторыя затрудненія, обусловленныя дѣйствіями атмосфернаго электричества, такъ какъ въ продолженіе первыхъ дней опытовъ въ восточной Канадѣ преобладали бури.

Одновременно съ этими опытами производились и другіе между Польдю и Глейсъ-Бей съ новой системой передаточнаго аппарата, посредствомъ котораго можно было вызывать непрерывныя или полунепрерывныя колебанія.

Пропорціонально съ затрачиваемой энергіей сигналы изъ Польдю оказались настолько лучше сигналовъ изъ Клифдена, что я немедленно рѣшилъ примѣнить новый методъ передачи въ Клифденѣ и Глейсъ-Бей. Приборъ, кото-

рымъ я пользовался для производства непрерывныхъ или почти непрерывныхъ электрическихъ колебаній, состоитъ въ слѣдующемъ: металлическій дискъ A (фиг. 13), изолированный отъ земли, приводится въ весьма быстрое вращеніе посредствомъ быстро вращающагося электродвигателя или паровой турбины. Къ этому диску, который я буду называть среднимъ дискомъ, прилегаютъ непосредственно два другіе диска C_1 и C_2, которые назовемъ полярными, и которые въ свою очередь могутъ быть приводимы въ весьма быстрое вращательное движеніе. Периферіи этихъ полярныхъ дисковъ должны почти касаться поверхности или краевъ средняго диска.



Фиг. 13.

При малыхъ количествахъ примѣняемой энергіи, вмѣсто полярныхъ дисковъ можно пользоваться неподвижными штифтами или остріями.

Оба полярныхъ диска соединены, каждый въ отдѣльности, посредствомъ соотвѣтственныхъ щетокъ съ внѣшними обкладками двухъ конденсаторовъ K, включенныхъ послѣдовательно, а конденсаторы эти въ свою очередь соединены посредствомъ соотвѣтственныхъ индуктивныхъ сопротивле-

нiй съ полюсами динамо-машины высокаго напряженiя и постояннаго тока.

Среднiй дискъ снабженъ соотвѣтственной щеткой или контактомъ съ тренiемъ. Между этимъ контактомъ и среднею точкою обоихъ конденсаторовъ введена колебательная цѣпь, состоящая изъ конденсатора E и послѣдовательно расположеннаго индуктивнаго сопротивленiя, которое въ свою очередь соединено индуктивно или непосредственно въ воздушною системою.

Если выполнены необходимыя условiя и примѣнена достаточная электродвижущая сила, то между внѣшними дисками и среднимъ дискомъ происходитъ разрядъ, который не является ни колебательной искрой, ни обыкновенной дугой и который вызываетъ мощныя колебанiя въ сигнализирующемъ конденсаторѣ E и колебательной цѣпи F.

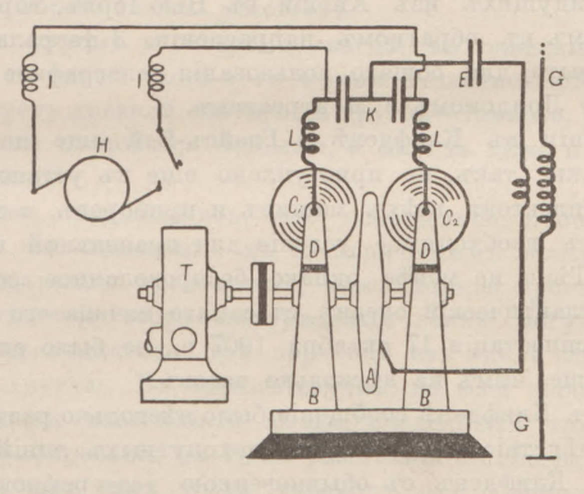
Я нашелъ, что для полученiя хорошихъ результатовъ требуется периферическая скорость не ниже 100 метровъ въ секунду; поэтому при конструкцiи дисковъ должны быть соблюдены особенныя предосторожности. Число получаемыхъ такимъ образомъ электрическихъ колебанiй можетъ достигнуть 200.000 въ секунду.

Приборъ работаетъ, вѣроятно, слѣдующимъ образомъ. Допустимъ, что источникъ электричества заряжаетъ постепенно двойной конденсаторъ и увеличиваетъ потенцiалы дисковъ, скажемъ, положительный диска C_1 и отрицательный диска C_2; въ извѣстный моментъ разница потенцiаловъ заставитъ зарядъ перескочить черезъ одну изъ щелей, напр. между C_2 и A. Послѣднiй зарядитъ конденсаторъ E, который придетъ тогда въ колебанiе, и зарядъ, возвращаясь обратно, перескочитъ изъ A на C_1, который зараженъ электричествомъ обратнаго знака. Зарядъ конденсатора E опять возвратится обратно, пополняя свою энергiю при каждомъ возвратѣ изъ конденсатора K. Процессъ этотъ будетъ продолжаться до безконечности, такъ какъ потери, имѣющiя мѣсто въ колебательной цѣпи EF, пополняются энергiей, доставляемой генераторомъ H. Если дискъ не вращается, или же вращается медленно, то тотчасъ устанавливается обыкновенная дуга между обѣими малыми щелями, и нѣтъ никакихъ колебанiй. Достаточное охлажденiе разряда быстро

вращающимся дискомъ составляетъ повидимому необходимое условіе осуществленія описанныхъ явленій.

При помощи этого прибора были произведены опыты, но, какъ и слѣдовало ожидать, было найдено, что колебанія были слишкомъ непрерывны и слишкомъ часты для того, чтобы оказывать дѣйствіе на такой пріемникъ, какъ магнитный детекторъ; это, пожалуй, было бы возможно только въ случаѣ введенія прерывателя въ одну изъ цѣпей пріемника. Напротивъ, синтоническій когереръ работалъ бы въ этихъ условіяхъ хорошо, вслѣдствіе несомнѣнно значительнаго повышенія потенціала, которое происходило на его концахъ благодаря дѣйствію резонанса.

Однако, наилучшіе результаты на большихъ разстояніяхъ были получены посредствомъ диска, указаннаго на фиг. 14-й, дѣйствующая поверхность котораго не ровная, а



Фиг. 14.

состоитъ изъ цѣлаго ряда выступовъ, на краяхъ которыхъ происходятъ разряды черезъ опредѣленные промежутки времени. Въ этомъ случаѣ, разумѣется, колебанія не непрерывны, но состоятъ изъ чередующихся рядовъ незатухающихъ или слабо затухающихъ волнъ.

Такимъ образомъ можно заставить группы испускаемыхъ колебаній воспроизвести въ пріемникѣ музыкальный

звукъ и воспринять его въ телефонъ, благодаря чему легче различать сигналы передаточной станціи отъ звуковъ, вызванныхъ пертурбаціями атмосфернаго электричества. Кромѣ этого, посредствомъ приведеннаго метода удается достигнуть вполнѣ удовлетворительнаго резонанса въ соотвѣтственно построенныхъ пріемникахъ.

Между Глейсъ-Бей и Клифденомъ было произведено нѣсколько опытовъ съ приборомъ, основаннымъ на вышеприведенномъ принципѣ, и 17 октября 1907 г. была открыта телеграфная служба для газетныхъ телеграммъ между Великобританіей и Америкой. При этомъ возникли нѣкоторыя недоразумѣнія съ компаніями, эксплоатирующими сухопутныя телеграфныя линіи между Глейсъ-Бей и главными городами Канады и Америки. Въ настоящее время существуетъ такое странное положеніе вещей, что на американскихъ сухопутныхъ линіяхъ такса для газетныхъ телеграммъ, идущихъ изъ Англіи въ Нью Іоркъ, гораздо дешевле, чѣмъ въ обратномъ направленіи. 3 февраля 1908 г. было открыто для общаго пользованія телеграфное сообщеніе между Лондономъ и Монтреалемъ.

Станціи въ Клифденѣ и Глейсъ-Бей еще не вполнѣ оборудованы; такъ, не приступлено еще къ установкѣ вторыхъ комплектовъ всѣхъ машинъ и приборовъ, а это вѣдь составляетъ необходимое условіе для правильной передачи депешъ. Тѣмъ не менѣе однако, безпроволочное сообщеніе черезъ Атлантическій океанъ, съ самаго начала его коммерческой эксплоатаціи 17 октября 1907 г., не было еще прервано больше, чѣмъ на нѣсколько часовъ.

Но въ Клифденѣ сообщеніе было нѣсколько разъ прерываемо, вслѣдствіе ненадежности сухопутныхъ линій, соединяющихъ Клифденъ съ обыкновенною телеграфною системою. Въ одномъ случаѣ перерывъ въ сообщеніи продолжался отъ 5 ч. 20 м. вечера до 10 ч. 30 м. утра, т. е. цѣлыхъ 17 часовъ; въ другомъ случаѣ, вслѣдствіе поврежденія сухопутной линіи молніей, сообщеніе было прервано на 12 часовъ. Отмѣчались и болѣе короткіе перерывы, вслѣдствіе которыхъ запаздывали газетныя и частныя телеграммы. Въ нѣкоторыхъ случаяхъ запозданія телеграммъ были обусловлены перерывомъ сообщенія на сухопутныхъ линіяхъ, обслуживающихъ канадскую станцію.

Въ продолженіе первыхъ мѣсяцевъ, вслѣдствіе несовершенства вспомогательныхъ аппаратовъ, особенно ключей и контактовъ, была использована только часть дѣйствительной мощности. Благодаря этому, скорость передачи была незначительна и малые перерывы были довольно часты. Теперь удалось уже побороть многія изъ этихъ трудностей, и черезъ нѣсколько мѣсяцевъ, когда еще можно будетъ использовать всю мощность, находящуюся въ нашемъ распоряженіи, будетъ, вѣроятно, достигнута и гораздо большая скорость передачи.

Теперь можно передавать телеграммы черезъ Атлантическій океанъ, какъ днемъ, такъ и ночью, но все таки существуютъ нѣкоторые періоды, къ счастью непродолжительные, когда сообщеніе черезъ Атлантическій океанъ сильно затрудняется, а по временамъ даже совершенно прекращается, если не примѣнять большаго количества энергіи, чѣмъ при нормальныхъ условіяхъ.

Такъ утромъ и вечеромъ, когда, въ зависимости отъ долготы, на одной части пути черезъ Атлантическій океанъ, господствуетъ дневной свѣтъ, а на другой—темнота, получаемые сигналы становятся слабыми, а иногда даже и совсѣмъ прекращаются.

Можно предположить, что освѣщенное пространство обладаетъ по отношенію къ электрическимъ волнамъ другимъ показателемъ преломленія, чѣмъ темное пространство, и что вслѣдствіе этого электрическія волны могутъ отражаться и преломляться при переходѣ изъ одной изъ этихъ средъ въ другую. Въ такомъ случаѣ, по всей вѣроятности, мы не должны испытывать вышеприведенныхъ трудностей при телеграфированіи на тѣ-же разстоянія съ сѣвера на югъ и обратно, такъ какъ тогда переходъ отъ дневнаго свѣта къ темнотѣ будетъ происходить почти одновременно во всей средѣ между начальной и конечной точками.

Точно такимъ-же образомъ, если на пути волны встрѣчается область, въ которой госпудствуетъ буря, то она вызываетъ иногда значительное ослабленіе получаемыхъ сигналовъ, но если бури преобладаютъ по всему пути прохожденія волны надъ Атлантическимъ океаномъ, то въ такомъ случаѣ ихъ вліяніе на сигналы не обнаруживается. Тѣни

электрическихъ волнъ, подобно звуковымъ тѣнямъ, могутъ образовываться вслѣдствіе интерференціи отраженныхъ волнъ съ прямыми волнами, и тогда въ областяхъ такихъ тѣней сигналы могутъ значительно ослабляться и даже совсѣмъ исчезать.

Точно такъ-же, какъ существуютъ періоды, когда сигналы передаются черезъ Атлантическій океанъ значительно ослабленными, существуютъ другія условія, особенно ночью, когда сигналы ненормально усиливаются. Такъ, во многихъ случаяхъ корабли, снабженные приборами, разсчитанными на нормальное сообщеніе въ 200 миль, могли передавать другъ другу сигналы на разстояніе больше 1000 миль. Это было недавно, когда корабль, находившійся въ Англійскомъ проливѣ, могъ сообщаться съ другимъ кораблемъ на Средиземномъ морѣ. Но для безпроволочной телеграфіи самымъ важнымъ условіемъ является то, чтобы телеграфная служба, установленная для опредѣленнаго разстоянія, могла во всѣхъ условіяхъ поддерживать вполнѣ надежное сообщеніе на это разстояніе.

Далеконосныя станціи строятся теперь во многихъ странахъ свѣта; изъ нихъ наиболѣе сильная въ Кольтано принадлежитъ Италіанскому правительству, и у меня нѣтъ ни малѣйшаго сомнѣнія въ томъ, что безпроволочная телеграфія позволитъ вскорѣ установить телеграфное сообщеніе между отдаленными странами по болѣе дешевой таксѣ, чѣмъ та, при которой могутъ работать всѣ другія системы телеграфа.

Что-же касается практическаго осуществленія безпроволочной телеграфіи на большія разстоянія, какъ напр. между Англіей и Америкой, то на счетъ этого не можетъ уже быть никакого сомнѣнія. Не смотря на то, что станціи работали всего по нѣсколько часовъ въ день, было передано 119,945 словъ газетныхъ и коммерческихъ телеграммъ только за короткій періодъ отъ открытія сообщенія до конца февраля 1908 года.

Наилучшими судьями безпроволочной телеграфной службы могутъ быть тѣ, которые ею пользовались, а между ними слѣдуетъ поставить на первомъ мѣстѣ Нью-Іоркскій Times и Лондонскій Times, которые выразили уже открыто свое мнѣніе объ этомъ новомъ методѣ сообщенія.

Вытѣснитъ-ли безпроволочная телеграфія кабельную, или принесетъ ей значительный ущербъ, это еще спорный вопросъ, но по моему мнѣнію все зависитъ отъ того, до какихъ предѣловъ возможно будетъ понизить таксу для кабельнаго сообщенія. Нанести чувствительный ударъ кабельному телеграфу не составляетъ, какъ многіе воображаютъ, интереса для тѣхъ, кто способствуетъ развитію безпроволочной телеграфіи. Ихъ единственная задача въ данное время состоитъ въ томъ, чтобы доказать, что новый методъ имѣетъ значеніе не только для кораблей, но что онъ долженъ быть разсматриваемъ, какъ новый и болѣе дешевый методъ телеграфнаго сообщенія съ отдаленными странами. Каковы бы ни были взгляды на недостатки безпроволочной телеграфіи, можно съ увѣренностью сказать, что черезъ Атлантическій океанъ она не только окончательно и прочно установилась, но и продолжаетъ развиваться.

Въ продолженіе семи лѣтъ разстояніе, на которое можно телеграфировать, было увеличено съ 200 до 2.500 миль. Въ виду этого можно ожидать еще весьма многаго въ продолженіе слѣдующихъ семи лѣтъ.

Я не берусь утверждать, что въ настоящее время безпроволочное сообщеніе между Лондономъ и Нью-Іоркомъ такъ-же производительно и быстро, какъ кабельное. Трансатлантическая кабельная организація существуетъ уже 50 лѣтъ, и въ настоящее время Англія и Америка соединены 16 кабелями; поэтому, если что нибудь случится съ однимъ изъ нихъ, телеграммы отправляются по другому. Кромѣ этого, многолѣтній опытъ позволилъ имъ достигнуть высокой степени совершенства. Тѣмъ не менѣе я убѣжденъ, что если-бы существовалъ только одинъ кабель и современная безпроволочная телеграфная служба, то перерывы сообщенія встрѣчались-бы чаще и носили-бы болѣе серьезный характеръ при кабельной системѣ, чѣмъ при безпроволочной.

Стоитъ только обратиться къ такимъ странамъ, какъ Индія, Южная Африка и др., въ которыхъ телеграфное сообщеніе черезъ океанъ обслуживается всего однимъ или двумя каблями, для того, чтобы оцѣнить правильность моихъ замѣчаній. Случаи запаздыванія не только коммерческихъ телеграммъ, но и правительственныхъ депешъ изъ

этихъ странъ, къ несчастью, слишкомъ часты, какъ по временамъ легко объ этомъ судить по извѣстіямъ ежедневной печати.

Среди многихъ господствуетъ закоренѣлое предубѣжденіе, что безпроволочная телеграфія не въ состояніи справиться съ шифрованными телеграммами. Откуда оно взялось, я не берусь отвѣтить, но желаю только указать на то, что оно ни на чемъ не основано. Шифрованныя телеграммы передаются одинаково хорошо, какъ по обыкновенному, такъ и по безпроволочному телеграфу.

Стоитъ-ли упоминать, что большинство телеграммъ, которыми обмѣниваются теперь военные корабли, шифрованныя; точно такъ же, какъ большинство сообщеній, отправляемыхъ черезъ станціи въ Клифденѣ и на мысѣ Бретонъ.

Я не берусь утверждать, что безпроволочная телеграфія непогрѣшима, но если иногда и происходятъ ошибки, то въ случаѣ, напр., телеграфной службы между Лондономъ и Монтереалемъ, можно легко прослѣдить, что большинство изъ нихъ слѣдуетъ приписать сухопутнымъ линіямъ между Лондономъ и Клифденомъ и между Глейсъ-Бей и Монтреалемъ.

Я не могу не упомянуть еще, что среди публики господствуютъ наиболѣе смутныя понятія относительно перехватыванія безпроволочныхъ телеграммъ. Не существуетъ ни одной телеграфной системы, которая была бы секретною; содержаніе каждой телеграммы извѣстно принимающему ее телеграфисту. Однако, неправильно предполагать, что всякій по своему усмотрѣнію можетъ перехватывать безпроволочныя сообщенія; но съ другой стороны вѣдь для того, кто знакомъ съ Морзовскою азбукою, не представляетъ никакихъ затрудненій войти въ любую телеграфную станцію и читать сообщенія по стуку аппаратовъ.

Практикуется даже такой незаконный пріемъ, что дѣлаютъ приспособленія, позволяющія постороннимъ лицамъ, не имѣющимъ никакой связи съ линіей, читать сообщенія, проходящія по этой послѣдней. Въ случаѣ безпроволочнаго телеграфа такой пріемъ обойдется очень дорого, ибо нужно воздвигнуть высокую мачту или башню и снабдить ее всѣми

необходимыми приборами для незаконнаго перехватыванія телеграммъ.

Не слѣдуетъ забывать, что каждая телеграфная или телефонная проволока можетъ быть подвергнута такому дѣйствію, что происходящій по ней разговоръ можетъ быть перехваченъ или прерванъ. Результаты, опубликованные Сэръ Уильямомъ Присомъ, показываютъ, что возможно перехватить на другую цѣпь разговоръ, идущій по телефонной или телеграфной проволокѣ на далекомъ разстояніи. Въ Польдю, посредствомъ телефона, соединеннаго съ длинною горизонтальною проволокою, можно ясно читать сообщенія, проходящія по правительственной телеграфной линіи, отстоящей на четверть мили. Въ статьѣ о своемъ методѣ магнитной телеграфіи черезъ пространство, Сэръ Оливеръ Лоджъ упоминаетъ о случаѣ, когда онъ могъ съ далекаго разстоянія вмѣшиваться въ дѣйствіе обыкновенныхъ телефоновъ въ Ливерпулѣ.

Можно привести много примѣровъ, показывающихъ, что электротехническія станціи для освѣщенія или трамвая оказывали дѣйствіе на кабельныя и надземныя линіи. Но не слѣдуетъ забывать, что перехватываніе телеграфныхъ сообщеній карается закономъ, и что въ изданномъ законѣ о безпроволочномъ телеграфѣ наложены наказанія за постройку безпроволочныхъ станцій безъ разрѣшенія Министра почтъ и телеграфовъ. Скажу въ заключеніе, что я глубоко увѣренъ, что скоро и даже весьма скоро наступитъ то время, когда безпроволочная телеграфія на большія разстоянія, и вѣроятно даже вокругъ свѣта, сдѣлается обиходнымъ орудіемъ торговли и культуры.

Лондонъ.

Современныя гипотезы о структурѣ свѣта.

Леона Блока[1]).

I.

Какой смыслъ слѣдуетъ приписать вопросу: обладаетъ-ли свѣтъ структурою? Вопросъ этотъ былъ вполнѣ умѣстенъ въ эпоху Ньютона, когда господствовала эмиссіонная теорія, уподоблявшая свѣтовое лучеиспусканіе выдѣленію мельчайшихъ частичекъ. Каждое новое открытіе въ области физической оптики объяснялось тогда все новыми и новыми свойствами этихъ частичекъ. Такъ, самъ Ньютонъ, изучая явленія интерференціи, вызванныя изотропной пластинкой (кольца Ньютона), былъ принужденъ приписать составнымъ частицамъ свѣта параллелепипедную структуру. Благодаря ассиметріи этой структуры, частички могутъ встрѣтить преломляющее тѣло въ положеніи, благопріятствующемъ ихъ отраженію, или же, наоборотъ, благопріятное ихъ проникновенію внутрь тѣла (vices facilioris reflexionis et vices facilioris transmissus). Съ этой точки зрѣнія можно предположить, что вдоль луча распространяется геометрическій элементъ, обладающій періодичностью, и этого предположенія достаточно для того, чтобы объяснить возможность явленій интерференціи. Такимъ образомъ, свѣтъ, сообразно Ньютону и его школѣ, обладаетъ двумя свойствами, общими съ матеріей; съ одной стороны, на подобіе послѣдней онъ обладаетъ массой и поэтому при отраженіи слѣдуетъ закону, аналогичному закону для упругаго удара; съ другой стороны, структура его, какъ и структура матеріи, прерывна, такъ какъ свѣтъ состоитъ изъ элементарныхъ частичекъ, аналогичныхъ атомамъ.

---

[1]) Revue Scientifique, 1911. № 11.

Это атомистическое толкованіе свѣта соотвѣтствовало господствовавшему въ ту эпоху взгляду на жидкости. Декартъ пошелъ дальше Ньютона и ввелъ понятіе о т р е т ь е м ъ э л е м е н т ѣ, состоящемъ изъ весьма мелкихъ цилиндрическихъ или винтообразныхъ частичекъ, свободно проникающихъ въ поры обыкновенной матеріи и служащихъ передатчиками свѣта, теплоты и магнитизма. Но успѣхи механики и гидродинамики, обусловленные главнымъ образомъ трудами Ньютона и д'Аламбера, дали толчекъ къ быстрой эволюціи научнаго понятія о жидкости. Существованіе непрерывныхъ и однородныхъ средъ, лишенныхъ структуры, оказалось, повидимому, болѣе цѣлесообразнымъ, чѣмъ атомистическія гипотезы. Съ другой стороны, непрерывныя жидкости, свойства которыхъ могутъ быть просто выражены посредствомъ одного или двухъ характерныхъ параметровъ (упругость, плотность), легко поддаются многочисленнымъ приложеніямъ теоріи дифференціальныхъ уравненій съ частными производными. Клеро, д'Аламберъ, Эйлеръ показали, что распространеніе звука и упругихъ волнъ легко выводится путемъ анализа изъ непрерывныхъ свойствъ, служащихъ опредѣленіемъ идеальной жидкости.

Поэтому вполнѣ естественно, что и эѳиръ—жидкость, въ которой распространяются свѣтовыя и электромагнитныя дѣйствія,—разсматривался, какъ однородная среда, лишенная структуры. Свѣтовыя и тождественныя съ ними по природѣ электромагнитныя волны нисколько не нарушаютъ своимъ распространеніемъ однородности эѳира; онѣ пронизываютъ его совокупнымъ движеніемъ, такъ что въ элементарной волнѣ нельзя отличать сплошныхъ мѣстъ и пустотъ, т. е. попеременно мѣстъ съ уплотненной энергіей и мѣстъ, гдѣ она совсѣмъ отсутствуетъ. Такъ, перемѣнный токъ, протекающій по замкнутой металлической цѣпи, представляетъ потокъ энергіи, средняя плотность котораго на единицу сѣченія остается постоянной. На этомъ представленіи основана вся классическая теорія волнообразнаго движенія, вмѣщающая въ себѣ и электромагнитную теорію въ той формѣ, какую ей дали Максвеллъ и Гертцъ.

Мы замѣтимъ, что съ точки зрѣнія Максвелла и Гертца нѣтъ основанія говорить о структурѣ свѣтовой энергіи.

Распространеніе свѣта есть по опредѣленію явленіе непрерывное, съ которымъ несовмѣстимо сколько нибудь замѣтное измѣненіе внутри достаточно малаго элемента объема; характерныя для свѣтового возмущенія величины (амплитуда, фаза) постоянны въ кубѣ эфира, ребро котораго мало по сравненію съ длиною свѣтовой волны.

Какимъ образомъ новѣйшія открытія, какъ въ теоретической, такъ и экспериментальной физикѣ, могли призвать къ жизни вопросъ, который теорія волнообразнаго движенія, какъ казалось, похоронила навсегда? Какимъ путемъ нѣкоторые физики пришли къ тому, что опять возбудили вопросъ, не состоитъ-ли свѣтъ изъ атомовъ и не прерывно-ли его распространеніе? Это мы постараемся теперь выяснить, причемъ считаемъ необходимымъ предупредить читателя, что пока рѣчь идетъ скорѣе о гипотезахъ и настроеніяхъ, чѣмъ объ окончательныхъ результатахъ. Классическая электромагнитная теорія давала и не перестаетъ давать достаточно глубокія объясненія явленій, чтобы могла быть рѣчь хотя о частичномъ отказѣ отъ нея. Новые взгляды, которые мы здѣсь соберемъ и которые далеко еще не представляютъ цѣльной системы, ни въ коемъ случаѣ не могутъ ее замѣстить. Въ наилучшемъ случаѣ они даютъ только нѣкоторыя указанія на наиболѣе слабыя мѣста классической теоріи и на направленіе, въ которомъ слѣдуетъ ее развивать. Съ этой точки зрѣнія они заслуживаютъ вниманія со стороны тѣхъ, кто считаетъ, что всѣмъ гипотезамъ, даже самымъ смѣлымъ, слѣдуетъ удѣлить подобающее мѣсто.

II.

Первою по времени среди атомистическихъ теорій свѣта появилась Планковская теорія лучеиспусканія[1]). Какъ извѣстно, она задается цѣлью обосновать установленную эмпирически Пашеномъ формулу, которая даетъ на всемъ протяженіи спектра законъ распредѣленія лучеиспусканія чернаго тѣла въ зависимости отъ длины волны:

$$f(\lambda, T) = \frac{8\pi c}{\lambda^5} \cdot \frac{1}{e^{\frac{C}{kT\lambda}} - 1}. \qquad (1)$$

[1]) M. Planck. Vorlesungen über die Theorie der Wärmestrahlung. (1906), стр. 158.

Въ этой формулѣ $f(\lambda, T)\,d\lambda$ представляетъ ту долю энергіи, лучеиспускаемой абсолютно поглощающимъ тѣломъ, которая приходится при температурѣ T на весьма малый участокъ спектра, заключенный между длинами волнъ λ и $\lambda + d\lambda$. C и k здѣсь обозначаютъ универсальныя постоянныя, величина которыхъ по Планку:

$$C = 1{,}965\,.\,10^{-16}; \quad k = 1{,}346\,.\,10^{-16}.$$

Формула (1) представляетъ состояніе равновѣсія лучеиспусканія между эѳиромъ и матеріею. Если матеріальная оболочка содержится при температурѣ T, то ограниченный ею объемъ заключаетъ энергію, непрерывно испускаемую различными точками оболочки во всѣхъ направленіяхъ. Когда, наконецъ, между этими излученіями устанавливается равновѣсіе, то каждый кубическій сантиметръ ограниченнаго оболочкою объема содержитъ опредѣленное количество энергіи, которой мы можемъ приписать колебательный характеръ съ періодомъ колебаній, лежащимъ въ предѣлахъ отъ 0 до ∞. Исходя изъ формулы (1), можно въ этомъ случаѣ вычислить распредѣленіе энергіи между различными длинами волнъ для любой температуры.

Выраженное формулою (1) распредѣленіе было открыто экспериментально. Планкъ задался цѣлью доказать, что оно составляетъ необходимое слѣдствіе теоріи. Но здѣсь слѣдуетъ уяснить смыслъ, который нужно придавать слову „необходимый“. Для метафизика существуетъ ясное различіе и даже существенная противоположность между необходимостью и вѣроятностью. Физикъ же, менѣе строгій въ своихъ опредѣленіяхъ, или болѣе скромный, называетъ необходимымъ тотъ законъ, который только достаточно вѣроятенъ.

Если ему предложатъ урну, содержащую одинъ бѣлый шаръ и милліонъ черныхъ, то онъ признаетъ необхомымъ только то весьма вѣроятное явленіе, что вынутый изъ урны на удачу шаръ будетъ чернымъ. Съ этой точки зрѣнія разсматриваются и законы. Если насъ спрашиваютъ, каковы свойства болѣе или менѣе сложной механической системы, напр. матеріальной оболочки, заключающей извѣст-

ный объемъ эѳира при температурѣ T, то мы, не зная деталей системы, удовлетворимся перечисленіемъ ея общихъ свойствъ и тѣхъ немногихъ свѣдѣній о ней, которыми располагаемъ, причемъ замѣтимъ температуру T и полную энергію E, заключенную въ системѣ. Затѣмъ, не зная механизма воздѣйствія различныхъ факторовъ на состояніе системы, мы постараемся опредѣлить по крайней мѣрѣ ихъ число и крайнія значенія, которыя они могутъ принимать безъ нарушенія постоянства инваріантовъ (энергіи и температуры). А дальше, разъ намъ будетъ извѣстно число степеней свободы и область, въ которой онѣ могутъ измѣняться, мы поневолѣ должны будемъ прибѣгнуть къ теоріи вѣроятностей. Мы припишемъ перемѣннымъ параметрамъ p_1, p_2, p_3,.. p_n любыя значенія, совмѣстимыя съ заданными условіями, и вычислимъ для разсматриваемаго случая, сколькими способами можетъ быть осуществлено ихъ сочетаніе. Если найдется сочетаніе (а всегда существуетъ по крайней мѣрѣ одно), въ пользу котораго окажется безконечно больше шансовъ, чѣмъ въ пользу всякаго другого, то мы скажемъ, что это вѣроятное сочетаніе практически необходимо, и его осуществимость станетъ физическимъ закономъ.

Для установленія формулы (1) Планкъ путемъ глубокаго анализа показалъ, что она представляетъ наиболѣе вѣроятное распредѣленіе энергіи въ различныхъ областяхъ спектра. Для такого статистическаго вычисленія нужно было исходить изъ точныхъ данныхъ относительно числа степеней свободы, принадлежащихъ эѳиру и матеріи. Мы покажемъ, что результаты, къ которымъ приводитъ этотъ методъ, различны въ зависимости отъ того, будемъ-ли мы разсматривать эѳиръ, какъ лишенный структуры, или-же припишемъ свѣту свойство разлагаться на недѣлимые элементы.

1. Эѳиръ лишенъ структуры. Въ этомъ случаѣ его можно сравнить съ непрерывною средою, способною колебаться по безконечному числу способовъ; длины волнъ, которыя могутъ въ ней распространяться, обладаютъ всѣми возможными величинами между 0 и ∞. Прибѣгая къ только-что примѣненному способу выраженія, мы можемъ сказать, что

эѳиръ обладаетъ безконечнымъ числомъ степеней свободы. Матерія, вслѣдствіе прерывности ея строенія, напротивъ, обладаетъ конечнымъ числомъ степеней свободы; это число будетъ, напр. равно $6N$, если разсматривать совокупность N молекулъ, на долю каждой изъ которыхъ приходится три степени свободы перемѣщенія и три степени свободы вращенія. Общая теорема статистической механики, доказанная Больтцманомъ, позволяетъ намъ тогда опредѣлить впередъ распредѣленіе энергіи между эѳиромъ и матеріею. Теорема эта гласитъ, что въ состояніи равновѣсія энергія поровну распредѣлена между всѣми степенями свободы. Слѣдовательно, она вся придется на эѳиръ. Очевидно, что при этихъ условіяхъ невозможно обосновать экспериментальные законы лучеиспусканія, ибо не существовало-бы иного равновѣсія, какъ только то, при которомъ матерія имѣла-бы температуру абсолютнаго нуля.

2. Дѣло обстоитъ совсѣмъ иначе, если допустить, что длина волны свѣтовыхъ колебаній не можетъ опуститься ниже опредѣланнаго предѣла λ_0. Эта гипотеза вполнѣ естественна. Когда говорятъ о распространеніи періодическаго движенія въ любой средѣ, то очевидно, что выраженіе это имѣетъ опредѣленный смыслъ только для волнъ, длина которыхъ значительна въ сравненіи съ масштабомъ гранулярнаго строенія среды. Вѣдь длину волны звука, издаваемаго струною, считаютъ всегда значительною въ сравненіи съ разстояніемъ образующихъ ее молекулъ. Температурныя и барометрическія волны, распространяющіяся по континенту, обладаютъ реальностью только для наблюдателя, горизонтъ котораго больше области мѣстныхъ измѣненій. По аналогіи можно предполагать, что наименьшія изъ извѣстныхъ намъ волнъ еще велики въ сравненіи со строеніемъ эѳира. Если строеніе это существуетъ, то мы не въ правѣ говорить о волнахъ безконечно малыхъ въ математическомъ смыслѣ этого слова. Наименьшія изъ допустимыхъ волнъ будутъ въ такомъ случаѣ тѣ, длина которыхъ λ приближается къ величинѣ, которою измѣряется разстояніе двухъ сосѣднихъ „молекулъ эѳира“.

Признавая эту точку зрѣнія, мы приходимъ къ понятію эѳира, число степеней свободы котораго конечно, бла-

годаря чему, мы уже въ состоянiи найти отвѣчающiя равновѣсiю распредѣленiя лучеиспусканiя между эѳиромъ и матерiею. Джинсъ[1]) и Лорентцъ[2]) нашли формулы, дающiя это распредѣленiе. Онѣ весьма просты, и мы ихъ напишемъ въ слѣдующей формѣ:

$$f(\lambda, T) = 8\pi R T \lambda^{-4} d\lambda; \tag{2}$$

$$Q = \int_{\lambda=\lambda_0}^{\lambda=\infty} 8\pi R T \lambda^{-4} d\lambda = \frac{8\pi R T}{3\lambda_0^3}. \tag{3}$$

Въ случаѣ достаточно большого значенiя λ первая изъ этихъ формулъ сливается съ формулою (1). Она показываетъ, что для достаточно большихъ длинъ волнъ законъ лучеиспусканiя чернаго тѣла таковъ, какимъ его предсказываетъ статистическая механика. Вторая формула заключаетъ величину λ_0, о которой мы ничего не знаемъ a priori. Джинсъ замѣтилъ, что выраженiе $\frac{8\pi R}{3\lambda_0^3}$ играетъ здѣсь роль удѣльной теплоты. Если-бы мы знали абсолютную величину удѣльной теплоты эѳира, или-же полное количество энергiи, которая въ немъ накоплена при температурѣ T, то мы были-бы въ состоянiи вычислить λ_0 и опредѣлить такимъ образомъ приближенную величину масштаба структуры эѳира.

Изложенныя здѣсь соображенiя служатъ теоретическимъ подтвержденiемъ формулы (1) въ примѣненiи къ области длинныхъ волнъ. Но для того, чтобы дать полный выводъ этой формулы, необходимо ввести еще одну гипотезу. Мы видѣли, что присутствiе въ эѳирѣ безконечнаго числа степеней свободы мѣшаетъ всесторонне прилагать къ нему теорему о распредѣленiи энергiи. Другими словами, вслѣдствiе того, что число волнъ, заключенныхъ между λ и $d\lambda$ тѣмъ больше, чѣмъ λ меньше, непосредственно слѣдуетъ, что степени свободы наиболѣе короткихъ волнъ стремятся захватить весь запасъ энергiи; такимъ образомъ этотъ послѣднiй окажется почти цѣликомъ разсѣяннымъ посредствомъ безконечно короткихъ волнъ. Во избѣжанiе этого

[1]) V. Jeans. Temperature Radiation. Philosophical Magazine (1910), стр. 236.
[2]) H. A. Lorentz. Theory of Electrons. стр. 122.

Планкъ создалъ весьма смѣлую гипотезу, которая хотя на первый взглядъ и кажется вполнѣ произвольной, приводитъ къ замѣчательнымъ слѣдствіямъ. Онъ допускаетъ, что обмѣнъ энергіи между эѳиромъ и матеріею происходитъ не въ любыхъ, а въ опредѣленныхъ постоянныхъ отношеніяхъ: энергія, испускаемая элементомъ чернаго тѣла, поглощается частично другими элементами, причемъ каждый изъ резонаторовъ, образующихъ эти элементы, можетъ поглощать энергію только вполнѣ опредѣленными элементарными количествами. Другими словами, матеріальные резонаторы (атомы, электроны) не реагируютъ на количества энергіи, безконечно малыя въ математическомъ смыслѣ. Необходимо, чтобы энергія превосходила нѣкоторую конечную величину q для того, чтобы резонаторы могли ее испускать и поглощать. Съ этой точки зрѣнія становится яснымъ, что законъ распредѣленія существенно измѣнится. Данный запасъ энергіи распредѣлится между различными степенями свободы, но уже не въ произвольныхъ, а въ кратныхъ отношеніяхъ величины q. Несмотря на безконечное число степеней свободы, состояніе равновѣсія будетъ при этихъ условіяхъ вполнѣ возможно и выразится тѣмъ, что самыя короткія волны, число которыхъ наибольшее, будутъ нести кратныя q весьма малаго порядка. Для вывода экспериментальной формулы Пашена Планкъ разсматриваетъ q, какъ функцію длины волны λ, и связываетъ его съ числомъ колебаній ν слѣдующимъ образомъ:

$$q = h\nu. \tag{4}$$

III.

Гипотеза Планка долгое время казалась весьма ограниченной и придуманной для согласованія теоріи съ опытомъ лишь въ частномъ случаѣ. Вѣдь въ самомъ дѣлѣ, мы не привыкли разсматривать свѣтовую энергію, какъ состоящую изъ недѣлимыхъ элементовъ, а что еще болѣе насъ смущаетъ, такъ это предположеніе, что эти элементы измѣняются съ частотою колебаній. Поэтому атомистическая гипотеза свѣта или „Lichtquantenhypothese“, какъ ее называютъ нѣмцы, оставалась въ физикѣ одинокою до тѣхъ поръ, пока

независимыми путями теорія и опытъ не были вынуждены прибѣгнуть къ ней для объясненія явленій, непостижимыхъ съ точки зрѣнія классическихъ понятій.

Среди опытовъ, заставившихъ насъ возвратиться къ понятіямъ корпускулярной теоріи свѣта, нужно отмѣтить на первомъ мѣстѣ наблюденія надъ фотоэлектрическимъ эффектомъ. Такъ называютъ интересное свойство металловъ, въ особенности цинка, испускать при соотвѣтственномъ освѣщеніи катодные лучи. Если пользоваться радіаціями короткой длины волны (ультрафіолетовый свѣтъ), то фотоэлектрическій эффектъ легко удается наблюдать на всѣхъ металлахъ и даже на большомъ числѣ веществъ неметаллическаго характера (вода, растворы солей, кристаллы). Для нѣкоторыхъ веществъ этотъ эффектъ замѣтенъ даже при освѣщеніи лучами видимаго свѣта; таковы щелочные металлы, испускающіе большое количество отрицательнаго электричества при освѣщеніи ихъ обыкновенной лампой. Было доказано, что во всѣхъ этихъ случаяхъ испусканіе отрицательнаго электричества связано съ поглощеніемъ свѣта.

Присутствующія въ свѣтовой волнѣ электрическія силы приводятъ въ движеніе скопленные въ металлѣ электроны, причемъ нѣкоторые изъ нихъ выбрасываются въ окружающее пространство.

Фотоэлектрическій токъ зависитъ отъ двухъ факторовъ: числа электроновъ, испускаемыхъ въ единицу времени, и скорости, съ которою они выбрасываются. Съ увеличеніемъ яркости свѣта, безъ измѣненія его цвѣта, фотоэлектрическій эффектъ растетъ пропорціонально этой яркости, потому что число испускаемыхъ электроновъ растетъ въ томъ-же отношеніи. Съ другой стороны, если при постоянной яркости источника, измѣнять частоту ν возбуждающей длины волны, то фотоэлектрическій эффектъ тоже увеличивается. Опыты Ленарда и Э. Ладенбурга, хотя не позволяютъ установить вполнѣ точно количественнаго закона, тѣмъ не менѣе однако, повидимому, указываютъ на то, что съ уменьшеніемъ длины волны скорость эмиссіи электроновъ растетъ пропорціонально частотѣ колебаній.

Если признать справедливость этихъ экспериментальныхъ результатовъ, полнаго подтвержденія которыхъ слѣ-

дуетъ ожидать съ нетерпѣніемъ, то становится весьма труднымъ объяснить разсматриваемыя явленія, не прибѣгая къ корпускулярному строенію свѣта. Скорость, съ которою выбрасываются электроны, безъ сомнѣнія, не составляла ихъ свойства до того момента, пока они не подверглись дѣйствію свѣта; простое вычисленіе показываетъ, что наблюденныя скорости эмиссіи электроновъ далеко превосходятъ скорость термическаго движенія. Если скорость электроновъ заимствуется у свѣта, то какъ понять тогда, что она одинакова въ случаѣ весьма яркаго и весьма слабаго свѣта, въ особенности, какъ объяснить то явленіе, что она измѣняется обратно пропорціонально длинѣ волны.

Эйнштейнъ и Штаркъ замѣтили, что трудности эти вполнѣ исчезаютъ, если принять упомянутую выше „Lichtquantenhypothese“ [1]). Свѣтъ, падающій на металлъ, не обладаетъ однороднымъ строеніемъ, а состоитъ изъ отдѣльныхъ элементовъ, каждый изъ которыхъ несетъ количество энергіи $h\nu$. Когда какой нибудь изъ этихъ элементовъ встрѣтитъ металлъ, то заключающаяся въ немъ энергія можетъ перейти къ одному изъ электроновъ, находящемуся въ металлѣ (резонаторъ Планка), и онъ пріобрѣтетъ тогда скорость, которая можетъ значительно превосходить скорость термическаго движенія и вызвать изверженіе корпускула изъ металла. Въ виду того, что элементы энергіи тѣмъ больше, чѣмъ больше частота колебаній, очевидно, что ультрафіолетовый свѣтъ будетъ значительно дѣятельнѣе видимаго свѣта. Такъ какъ, съ другой стороны, весьма слабый, но расположенный въ далекихъ частяхъ ультрафіолетоваго спектра свѣтъ состоитъ изъ немногочисленныхъ, но весьма болшихъ атомовъ, то становится вполнѣ понятнымъ, почему скорости эмиссіи зависятъ только отъ длины волны. Болѣе строгое разсужденіе приводитъ къ закону обратной пропорціональности. Штарку удалось такимъ образомъ, основываясь на изслѣдованіи фотоэлектрическихъ явленій, дать гипотезѣ Планка болѣе широкое толкованіе, а именно: свѣтъ не только испускается и поглощается въ видѣ конеч-

---

[1]) J. Stark. Physik. Zeitschrift. 1909 и Prinzipien der Atomdynamik. Leipzig. 1910.

ныхъ элементовъ, но даже во время своего свободнаго распространенія въ эѳирѣ состоитъ, по всей вѣроятности, изъ сонма отдѣльныхъ единицъ.

Исходя изъ опытовъ, произведенныхъ съ ультрафіолетовыми лучами крайне короткой длины волны (лучи Шуманна), Сэръ Дж. Дж. Томсонъ [1]) пришелъ къ выводамъ, которые интересно сравнить со взглядами Штарка. Опыты, о которыхъ идетъ рѣчь, имѣли въ виду обнаружить фотоэлектрическій эффектъ у газообразныхъ тѣлъ. Если нѣкоторые газы становятся подъ вліяніемъ ультрафіолетоваго свѣта проводниками электричества, то слѣдуетъ заключить, что этому свѣту присуща способность разрушать газообразныя молекулы, отщепляя электроны. Работа, необходимая для этого разрыва, намъ извѣстна съ достаточною точностью, такъ, напр., она была опредѣлена сравненіемъ абсорбціи рентгеновскихъ лучей газомъ съ іонизаціей, вызванной ими въ томъ-же газѣ. Теперь интересно заняться вопросомъ, приноситъ-ли съ собою ультрафіолетовый свѣтъ достаточное количество энергіи для того, чтобы вызвать корпускулярную диссоціацію. Весьма вѣрный результатъ, къ которому приходитъ Сэръ Дж. Дж. Томсонъ, слѣдующій: если допустить, что ультрафіолетовый свѣтъ въ томъ видѣ, какъ мы его производимъ экспериментально, состоитъ изъ распространяющагося потока однородныхъ волнъ, непрерывнаго въ своемъ строеніи, то энергія, переносимая единицею сѣченія свѣтоваго пучка, недостаточна для того, чтобы покрыть доставленную этимъ пучкомъ работу іонизаціи. Для того, чтобы постигнуть явленіе іонизаціи, вызванное свѣтомъ, необходимо отказаться отъ общепризнаннаго взгляда, что фронтъ распространяющейся волны однородный и сплошной. Напротивъ, энергія, которую онъ содержитъ, распредѣлена на немъ весьма неравномѣрно отъ одного мѣста къ другому; онъ состоитъ изъ пятенъ свѣта и тѣни, изъ сплошныхъ мѣстъ и пустотъ. Въ мѣстахъ, гдѣ энергія скучена, ея плотность достаточно велика для того, чтобы произвести іонизацію молекулъ. Но въ промежуткахъ находятся участки, лишенные, такъ сказать, энергіи. Другими словами, фронтъ волны

[1]) Proceedings Cambridge Philosophical Society. 1908.

обладаетъ строеніемъ; электрическія и магнитныя силы, которыя мы называемъ свѣтомъ, не дѣйствуютъ повсюду однообразно. Волновой потокъ въ своей совокупности обладаетъ въ виду этого соотвѣтственнымъ строеніемъ: онъ не образованъ правильнымъ и непрерывнымъ теченіемъ, а совокупностью струй, разорванныхъ и отдѣленныхъ другъ отъ друга большими промежутками.

Слѣдуетъ замѣтить, что этотъ новый взглядъ вытекаетъ не только изъ толкованія фотоэлектрическихъ явленій, но и изъ приложенія теоріи Планка къ явленіямъ эмиссіи и абсорбціи [1]). Постараемся показать въ самомъ дѣлѣ, что съ точки зрѣнія обыкновеннаго взгляда на свѣтовыя волны немыслимо представить себѣ, что лучеиспусканіе поглощается отдѣльными элементами, кратными отъ $h\nu$.

Поглощеніе свѣта въ изотропномъ тѣлѣ, напр. въ стеклѣ, происходитъ, когда падающая волна при встрѣчѣ съ молекулами тѣла приводитъ въ колебаніе элементарные резонаторы (электроны), и оно происходитъ тѣмъ интенсивнѣе, чѣмъ ближе періодъ колебанія волны къ собственному періоду резонаторовъ. Въ самомъ благопріятномъ случаѣ, когда резонансъ полный, электронъ заимствуетъ у свѣтовой волны наибольшее количество энергіи, которое могло-бы быть сколь угодно великимъ, если-бы электронъ не былъ подверженъ въ свою очередь тренію и затуханію. Мы достаточно освѣдомлены относительно природы электроновъ и силъ тренія, ослабляющихъ колебанія послѣднихъ, чтобы вычислить впередъ энергію, которую они заимствуютъ отъ свѣтовой волны даннаго періода. Энергія эта зависитъ главнымъ образомъ отъ яркости падающаго свѣта. Если стать въ наиболѣе благопріятныя условія, т. е. если пользоваться наиболѣе яркимъ свѣтовымъ источникомъ, находящимся въ нашемъ распоряженіи, а именно солнцемъ, то простое вычисленіе показываетъ, что солнечный свѣтъ (желтый) можетъ сообщить электрону количество энергіи немногимъ больше двойнаго атома энергіи, установленнаго теоріей Планка. Такой свѣтъ поэтому могъ бы поглощаться

---

[1]) H. A. Lorentz. Alte und neue Fragen der Physik. Physikalische Zeitschrift. XI. p. 1234 (1910)

электронами. Но яркости обыкновенныхъ источниковъ свѣта въ милліонъ разъ слабѣе яркости солнца, и если-бы испускаемая ими энергія была равномѣрно распредѣлена по поверхности сферы, центромъ которой служилъ бы источникъ свѣта, то она могла бы сообщить электрону только ничтожную долю наименьшаго количества энергіи, ниже котораго энергія не поглощается. Такимъ образомъ, поневолѣ приходится предположить, что эта энергія въ различныхъ направленіяхъ сосредоточена неодинаково. Если поверхность сферы прорѣзывается потокомъ энергіи только въ незначительномъ количествѣ отдѣльныхъ участковъ, взаимнораздѣленныхъ громадными промежутками, то снова становится возможнымъ допустить, что въ нѣкоторыхъ мѣстахъ энергія можетъ сосредоточиться въ количествахъ, требуемыхъ механизмомъ абсорбціи Планка.

То понятіе, что точка, служащая источникомъ свѣта, не лучеиспускаетъ равномѣрно во всѣхъ направленіяхъ, можетъ на первый взглядъ показаться страннымъ. Но не слѣдуетъ забывать при этомъ, что свѣтящаяся точка, какъ ее осуществляютъ физики, состоитъ изъ весьма большаго числа колебательныхъ центровъ, и что приписываемая волнамъ сферическая симметрія можетъ носить чисто статистическій характеръ. Даже въ случаѣ, если электроны, взятые въ отдѣльности, обладаютъ ассиметрическимъ и неоднороднымъ лучеиспусканіемъ, очевидно, что совокупность ихъ дастъ въ результатѣ лучеиспусканіе, обладающее всѣми признаками однородности. Въ виду этого, допуская возможность элементарнаго лучеиспусканія, обладающаго строеніемъ, мы не рискуемъ попасть въ противорѣчіе съ опытомъ. Допущеніе это было сдѣлано въ недавно появившейся статьѣ Сэра Дж. Дж. Томсона [1]).

Онъ предположилъ, что заряженныя частички, движеніе которыхъ вызываетъ свѣтъ, не посылаютъ силовыхъ линій равномѣрно во всѣхъ направленіяхъ. Полный силовой потокъ, исходящій отъ частички, связанъ еще съ ея зарядомъ посредствомъ основного закона Гаусса. Но распредѣленіе этого потока весьма несимметрично; такъ, напр., можно

[1]) Philosophical Magazine. 1910, стр. 301.

предположить, что частичка посылаетъ силовыя линіи только въ направленіи двухъ противоположныхъ тѣлесныхъ угловъ сравнительно весьма малаго отверстія. Исходя изъ этой гипотезы, можно показать, что эти новыя частички, электромагнитное поле которыхъ сосредоточено въ избранныхъ направленіяхъ, будутъ обладать основными свойствами электроновъ. Подобно электрону, такая частичка будетъ обладать собственною инерціею электромагнитнаго характера, и, какъ электронъ, оно будетъ испускать электромагнитныя волны всякій разъ, какъ только будетъ нарушено ея движеніе. Разница будетъ заключаться лишь въ томъ, что испускаемыя волны будутъ скучены въ опредѣленныхъ силовыхъ трубкахъ и будутъ встрѣчаться весьма рѣдко или даже совсѣмъ будутъ отсутствовать во всѣхъ остальныхъ направленіяхъ. Тогда эмиссія колебательнаго центра будетъ обладать особеннымъ строеніемъ, которое, по крайней мѣрѣ частично, можетъ быть приписано эмиссіи дѣйствительныхъ свѣтовыхъ источниковъ и которое способно вызывать тѣ неоднородности фронта волны, которыя были предположены для объясненія явленій фотоэлектрическаго эффекта. Къ тому-же это не влечетъ за собою никакихъ существенныхъ измѣненій въ обыкновенныхъ законахъ электромагнитизма, которые будутъ всегда приложимы къ матеріальнымъ комплексамъ, заключающимъ весьма большое число частичекъ, распредѣленныхъ сообразно закону вѣроятностей.

IV.

При помощи изложенной гипотезы Сэръ Дж. Дж. Томсонъ пытается объяснить интерференціонные опыты, продѣланные со свѣтовыми пучками весьма слабой яркости. Какъ показалъ Тэйлоръ [1]), возможно получить вполнѣ отчетливыя интерференціонныя полосы съ весьма слабымъ свѣтомъ, если примѣнять фотографическій методъ наблюденія и доводить время съемки до нѣсколькихъ недѣль. Простое вычисленіе показываетъ, что въ опытѣ Тэйлора свѣтовая энергія, если считать ее однородно распредѣленной по сѣченію пучка, достигаетъ высшаго предѣла разрѣженія; такъ, напримѣръ,

---

[1]) Taylor. Proceedings Cambridge Philosoph. Society. XV. 114.

вдоль всего пучка концентрація энергіи едва достигаетъ одной элементарной единицы Планка на метръ. При такихъ условіяхъ трудно объяснить себѣ возможность интерференціи. Напротивъ, если энергія сгущена вдоль нѣкоторыхъ избранныхъ трубокъ, то она будетъ въ состояніи, продолжая оставаться въ общемъ весьма слабою, достигнуть въ нѣкоторыхъ мѣстахъ достаточной яркости, чтобы вызвать максимумы и минимумы освѣщенія.

Однако, не слѣдуетъ упускать изъ виду, что, какъ замѣтилъ Лорентцъ, нѣкоторые интерференціонные опыты представляютъ большія трудности для атомистической гипотезы свѣта. Мы имѣемъ въ виду опыты Майкельсона, Луммера и Герке надъ интерференціей свѣта съ большой разностью хода лучей. Этими опытами доказано, что можно вызвать интерференцію двухъ пучковъ свѣта, изъ которыхъ одинъ запаздываетъ по отношенію къ другому на 2 милліона періодовъ. Запаздываніе это отвѣчаетъ оптическому пути въ воздухѣ длиною приблизительно въ 1 метръ. Если явленіе интерференціи обусловлено здѣсь Планковскими атомами энергіи, то необходимо, чтобы они были длиною по крайней мѣрѣ въ одинъ метръ для того, чтобы какой нибудь изъ нихъ могъ подвергнуться дѣйствію непосредственно слѣдующаго за нимъ въ направленіи луча другого атома энергіи. Что касается ширины свѣтовыхъ атомовъ, то мы можемъ судить о ней довольно грубо на основаніи большаго значенія, приписываемаго апертурѣ объективовъ для ясности изображеній. Ясность эта, какъ извѣстно, пропорціональна числовой апертурѣ, въ силу чего, даже въ наибольшихъ изъ примѣняемыхъ телескоповъ, полезно увеличить апертуру, чтобы получить наибольше свѣта, исходящаго изъ одной и той-же точки. Такимъ образомъ, ширина исходящихъ изъ этой точки свѣтовыхъ атомовъ должна быть не меньше ширины наибольшихъ объектовъ; а это заключеніе, какъ легко убѣдиться, едва-ли можетъ удовлетворить нашъ умъ. Еще большія трудности выступаютъ, когда мы желаемъ объяснить простое зрѣніе предметовъ: какъ представить себѣ, что элементы энергіи сравнительно большаго сѣченія и большой длины проникаютъ въ зрачекъ нашего глаза не раздѣляясь? Слѣдуетъ-ли представлять себѣ,

что элементы эти сначала расщепляются, а затѣмъ опять возсоединяются на сѣтчаткѣ?

Мы не пойдемъ дальше въ разборѣ этихъ гипотезъ. Мы задались цѣлью изложить ихъ лишь въ общихъ чертахъ, не смотря на ихъ кажущуюся парадоксальность, и хотѣли показать, что эмиссіонная теорія свѣта, какъ ее понималъ Ньютонъ со своею школою, находитъ себѣ мѣсто въ современной физикѣ. Вмѣсто принимаемыхъ Ньютономъ твердыхъ частичекъ, Планкъ и Штаркъ вводятъ недѣлимые элементы, состоящіе не изъ матеріи, а изъ энергіи. Разница эта не такъ велика, какъ кажется, если принять въ разсчетъ послѣдніе результаты, къ которымъ пришла наука относительно электромагнитной природы инерціи. Во всякомъ случаѣ, какъ мы замѣтили въ началѣ, интересъ новыхъ гипотезъ не въ томъ, что онѣ угрожаютъ классическимъ доктринамъ. Напротивъ, скорѣе можно, повидимому, надѣяться на то, что часть истины, заключенная въ атомистической теоріи свѣта, сольется безъ особенныхъ трудностей съ плодотворными идеями Эйнштейна и Лорентца.

Парижъ.

Школьный гальванометръ въ отвѣтвленіи.

А. Вольфенсона[1]).

Вертикальный гальванометръ съ подвижнымъ соленоидомъ системы Депре д'Арсонваля—Вестона сталъ за послѣднее время необходимою принадлежностью физическихъ кабинетовъ средне-учебныхъ заведеній. Этотъ приборъ представляетъ много преимуществъ при производствѣ классныхъ опытовъ: онъ малочувствителенъ къ внѣшнимъ магнитнымъ полямъ, отклоняется безъ раскачиваній, шкала его хорошо видна издали и дѣленія ея на всемъ протяженіи одной величины. Принципъ прибора доступенъ для начинающихъ и можетъ быть изложенъ, исходя изъ закона равенства дѣйствія и противодѣйствія, въ связи съ дѣйствіемъ тока на магнитную стрѣлку.

Для того, чтобы сдѣлать изъ этого прибора возможно совершенный школьный гальванометръ, къ нему необходимы нѣкоторыя дополненія, имѣющія цѣлью:

1) Облегчить учащимся пониманіе устройства прибора.

Существенныя части гальванометра, хотя бы съ выдвижнымъ соленоидомъ, мало доступны обозрѣнію учащихся во время урока, поэтому при объясненіи его устройства хорошимъ пособіемъ можетъ служить большая дѣйствующая модель гальванометра, изображенная на фиг. 1-й. Полюсы складного подковообразнаго магнита окрашены *N* въ красный и S въ зеленый цвѣта. Перекладывая магниты, измѣняемъ направленіе поля. Первый оборотъ зеленой проволоки соленоида обмотанъ, начиная отъ А, краснымъ шелкомъ или на-

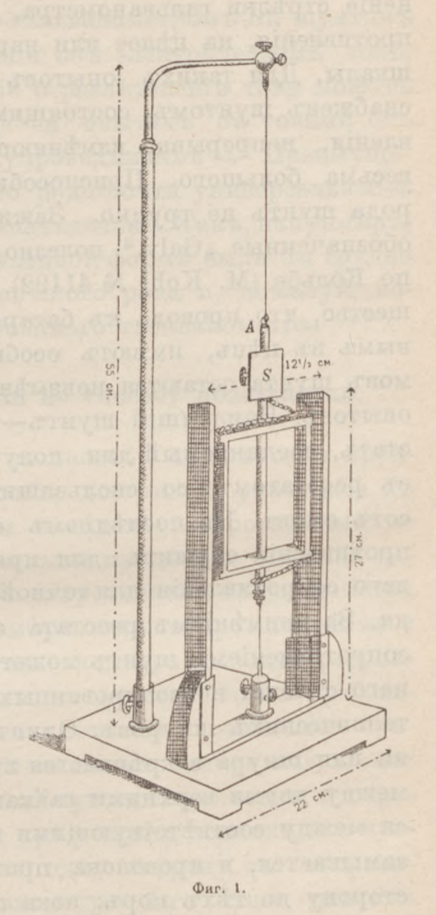
---

[1]) Описанные опыты были показаны въ засѣданіи Варшавскаго Кружка преподавателей физики 6 Февраля и 4 Сентября 1910 г. Приборы изготовляетъ механикъ Варшавскаго Политехническаго Института Р. Вольтманъ. Для образцоваго кабинета Варш. кружка преподав. физики г. Вольтманомъ изготовлена также наглядная дѣйствующая модель гальванометра съ вертикальною стрѣлкой, горизонтальнымъ соленоидомъ и съ пружинами, проводящими токъ, большихъ размѣровъ.

правленіе тока указывается однимъ оборотомъ толстаго краснаго шнура, такъ что ученики съ мѣстъ могутъ слѣдить за направленіемъ тока и судить о направленіи отклоненія соленоида. Зеркальце *S* служитъ для объясненія принциповъ зеркальныхъ отсчетовъ.

2) Расширить предѣлы примѣнимости гальванометра.

Предѣлы шкалы прибора, съ которымъ производились нижеописанные опыты, суть 0—2 милліампера и при употребленіи гальванометра съ шунтомъ 0—10 амперъ; онъ сдѣланъ въ мастерскихъ Hartmann & Braun'a; сопротивленіе соленоида около 93 омовъ 1 дѣленіе шкалы соотвѣтствуетъ 0,0002 ампера, всѣхъ дѣленій 20, по обѣ стороны отъ нуля по 10-ти. Приблизительно таковы же предѣлы шкалы гальванометровъ, изготовляемыхъ фирмой F. Ernecke; менѣе чувствительны гальванометры фирмы Kaiser & Schmidt'a. У Weinhold'a въ Physikalische Demonstrationen 1899 г. на стр. 722 есть



Фиг. 1.

указаніе, что къ вертикальному гальванометру полезно додѣлать шунтъ изъ 3-хъ сопротивленій, подобранныхъ такимъ образомъ, чтобы отклоненіе стрѣлки на одно дѣленіе шкалы соотвѣтствовало току въ 0,1, 0,01 и 0,001 ампера. Проф. Borgesius описываетъ въ Zeitschrift für physik. und chemisch. Unterricht, 1910, I устроенную имъ съ тою же цѣлью наглядную распредѣлительную доску съ шунтомъ къ милліамперметру Вестона. Несомнѣнно, что гальванометръ, такимъ образомъ дополненный, вполнѣ удовлетворяетъ потребности измѣренія токовъ, примѣняемыхъ въ большинствѣ классныхъ

опытовъ, но при производствѣ нѣкоторыхъ классныхъ опытовъ существенно важно не измѣреніе силы тока, а отклоненіе стрѣлки гальванометра, безъ введенія балластнаго сопротивленія, на цѣлое или напередъ заданное число дѣленій шкалы. Для такихъ опытовъ гальванометръ долженъ быть снабженъ шунтомъ, состоящимъ изъ перемѣннаго сопротивленія, непрерывно измѣняющагося отъ весьма малаго до весьма большого. Приспособить къ гальванометру такого рода шунтъ не трудно. Зажимы, ведущіе къ соленоиду и обозначенные „Galv.“, полезно замѣнить тройными зажимами по Кольбе (M. Kohl № 41192), представляющими то преимущество, что провода къ батареѣ или къ приборамъ, введеннымъ въ цѣпь, имѣютъ особыя гайки, и контакты у зажимовъ шунта остаются неизмѣнными въ теченіе даннаго ряда опытовъ. Наилучшій шунтъ—хорошій геликоидальный реостатъ, соединяемый для полученія большихъ сопротивленій съ реостатомъ со скользящимъ контактомъ въ нѣсколько сотъ омовъ. Въ послѣднемъ случаѣ реостатъ большого сопротивленія служитъ для приблизительной, а реостатъ малаго сопротивленія для точной регулировки отклоненія стрѣлки. За неимѣніемъ реостата съ непрерывно измѣняющимся сопротивленіемъ шунтъ можетъ быть составленъ изъ различнаго сѣченія неизолированныхъ гибкихъ проволокъ или металлическихъ шнуровъ. Одинъ конецъ подходящей проволоки или шнура закрѣпляется въ первомъ зажимѣ, напримѣръ, между двумя верхними гайками, другой конецъ пропускается между соотвѣтствующими гайками второго зажима, токъ замыкается, и проволока протягивается въ ту или другую сторону до тѣхъ поръ, пока стрѣлка гальванометра не придетъ или, точнѣе, немного не перейдетъ намѣченнаго дѣленія шкалы. При завинчиваніи гайки наглухо сопротивленіе шунта уменьшается, стрѣлка гальванометра немного возвращается къ положенію равновѣсія и послѣ двухъ-трехъ пробъ можетъ быть точно установлена на желаемомъ дѣленіи шкалы [1]).

Такого рода дополненіе къ гальванометру не усложняетъ прибора, такъ какъ не вводитъ въ его устройство ничего

---

[1]) Для увеличенія сопротивленія проволока, служащая шунтомъ, конечно, можетъ быть соединена съ реостатомъ.

новаго: принципъ шунта примѣненъ конструкторомъ прибора для градуированія его шкалы въ амперахъ. Съ педагогической точки зрѣнія пользованіе гальванометромъ съ шунтомъ допустимо уже въ началѣ ученія объ электрическомъ токѣ, такъ какъ элементарное понятіе о развѣтвленіи тока можетъ быть выяснено учащимся еще на опытахъ съ токами отъ электрической машины въ полупроводникахъ [1]). Преимущества же, представляемыя такого рода почти универсальнымъ школьнымъ гальванометромъ, значительны. Такъ, напримѣръ, ниже описанные опыты въ указанной формѣ были бы трудно выполнимы съ гальванометромъ иного рода и, пожалуй, потребовали-бы спеціально построеннаго гальванометра.

II. Измѣреніе сопротивленій по способу подстановки.

Измѣреніе сопротивленія по способу подстановки представляетъ единственный способъ, доступный учащимся въ началѣ курса. Для того, чтобы измѣреніе сопротивленій по этому способу давало въ извѣстныхъ предѣлахъ хорошіе результаты, необходимо: 1) чтобы сопротивленіе гальванометра было мало по сравненію съ измѣряемыми сопротивленіями и 2) чтобы отклоненіе стрѣлки гальванометра свободно регулировалось измѣненіемъ его чувствительности. Этимъ требованіямъ удовлетворяетъ: 1) гальванометръ съ перемѣнною чувствительностью и съ постояннымъ малымъ сопротивленіемъ; 2) гальванометръ съ перемѣнною чувствительностью и перемѣннымъ сопротивленіемъ, но при условіи, конечно, что чувствительность его измѣняется въ одну сторону съ сопротивленіемъ. Самодѣльный гальванометръ 1-го типа описанъ проф. Arthur W. Gray (University of California) въ Zeitschrift f. physik. und chemischen Unterricht, 1906, II. Въ продажѣ этого гальванометра нѣтъ. Гальванометръ 2-го типа представляетъ описанный выше гальванометръ съ шунтомъ.

Преимущества употребленія гальванометра въ отвѣтвленіи для измѣренія сопротивленій по способу подстановки сравнительно съ употребленіемъ гальванометра того же типа

---

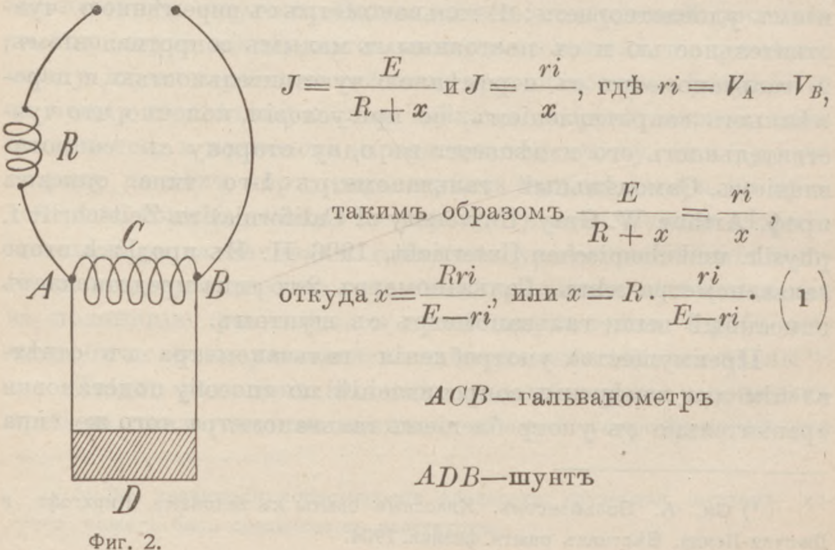
[1]) См. А. Вольфенсонъ. Классные опыты къ законамъ Кирхгофа и Джоуля-Ленца. Вѣстникъ опытн. физики. 1904.

въ главной цѣпи очевидны. При измѣреніяхъ по способу подстановки необходимо, чтобы отклоненіе стрѣлки гальванометра равнялось цѣлому числу дѣленій шкалы.

Съ гальванометромъ соотвѣтствующей чувствительности въ главной цѣпи это достижимо лишь путемъ введенія балластнаго сопротивленія, т. е. ослабленія тока, проходящаго черезъ гальванометръ; пользуясь же гальванометромъ въ отвѣтвленіи и увеличивая сопротивленіе шунта, мы усиливаемъ токъ, проходящій черезъ гальванометръ, стрѣлка его отклоняется отъ положенія равновѣсія, поэтому, ceteris paribus, гальванометръ въ отвѣтвленіи болѣе чувствителенъ къ измѣненіямъ, происходящимъ въ измѣряемыхъ сопротивленіяхъ.

Существенно важно, что перемѣнное сопротивленіе гальванометра, измѣняясь въ одну сторону съ измѣряемымъ сопротивленіемъ, всегда составляетъ лишь небольшую часть послѣдняго, и потому не ограничиваетъ предѣловъ измѣряемыхъ сопротивленій.

Въ самомъ дѣлѣ, пренебрегая сопротивленіемъ батареи и обозначая сопротивленіе главной цѣпи черезъ R, сопротивленіе соленоида черезъ r, электродвижущую силу черезъ E, силу тока, проходящаго черезъ гальванометръ, черезъ i и сопротивленіе развѣтвленія: гальванометръ—шунтъ черезъ x, получимъ для силы тока въ главной цѣпи два выраженія:



Фиг. 2.

$$J = \frac{E}{R + x} \text{ и } J = \frac{ri}{x}, \text{ гдѣ } ri = V_A - V_B,$$

$$\text{такимъ образомъ } \frac{E}{R + x} = \frac{ri}{x},$$

$$\text{откуда } x = \frac{Rri}{E - ri}, \text{ или } x = R \cdot \frac{ri}{E - ri}. \qquad (1)$$

ACB—гальванометръ

ADB—шунтъ

Дробь $\frac{ri}{E-ri}$ получаетъ наибольшее значенiе при наибольшемъ значенiи $i=0{,}002$ ампера и наименьшемъ значенiи $E=2$ вольтамъ (1 элементъ); въ этомъ случаѣ сопротивленiе гальванометра не превышаетъ десятой части измѣряемаго сопротивленiя: $\frac{93.0{,}002}{2-93.0{,}002}=\frac{1}{10}$ (приблизительно) [1]. При измѣренiи же большихъ сопротивленiй, увеличивая E, т. е. силу тока въ главной цѣпи, можемъ сдѣлать сопротивленiе гальванометра равнымъ 0,01 и менѣе измѣряемаго сопротивленiя.

Съ измѣненiемъ R, при неизмѣнномъ сопротивленiи шунта, измѣнится и сила тока, проходящаго черезъ гальванометръ, и мы получимъ для x выраженiе $x=\frac{R'ri'}{E-ri'}$,

Приравнивая и сокращая, находимъ $\frac{Ri}{E-ri}=\frac{R'i'}{E-ri'}$, или

$\frac{i}{i'}=\frac{R'}{R}\cdot\frac{E-ri}{E-ri'}\cdots(2)$ Такъ какъ дробь $\frac{E-ri}{E-ri'}$ вообще мало отличается отъ единицы и тѣмъ ближе къ ея значенiю, чѣмъ больше E, то мы заключаемъ, что для всевозможныхъ сопротивленiй, отклоненiя стрѣлки измѣняются приблизительно въ обратномъ отношенiи къ измѣряемымъ сопротивленiямъ.

III. Приложенiе формулъ къ повѣркѣ закона Ома.

Первая повѣрка закона Ома производится въ цѣпи съ большимъ внѣшнимъ сопротивленiемъ. Зависимость силы тока отъ электродвижущей силы источника повѣряется безразлично съ помощью гальванометра въ главной цѣпи или въ отвѣтвленiи: при значительномъ внѣшнемъ сопротивленiи въ сравненiи съ сопротивленiемъ гальванометра отклоненiе

---

[1]) Лишь при маломъ R, напримѣръ въ 0,1 ома и менѣе, для избѣжанiя чрезмѣрной силы тока въ главной цѣпи, слѣдуетъ пользоваться элементами съ малой электродвижущею силою, напр., Лаланда и Шаперона (0,8 вольта), а также аккумуляторами Эдиссона, пренебрегая уменьшенiемъ сопротивленiя гальванометра.

стрѣлки гальванометра измѣняется пропорціонально числу элементовъ, вводимыхъ въ цѣпь въ послѣдовательномъ соединеніи. Не такъ просто повѣряется зависимость между силою тока и сопротивленіемъ цѣпи. Сопротивленіе должно: 1) дѣлиться на равныя части, напримѣръ на три; 2) каждая часть въ цѣпи при данной электродвижущей силѣ должна давать токъ, отклоняющій стрѣлку гальванометра на опредѣленное число дѣленій шкалы, въ данномъ случаѣ на 6 (всѣхъ дѣленій 10). Три реостата, удовлетворяющіе этимъ требованіямъ, могли-бы быть лишь спеціально изготовлены послѣ повѣрочной градуировки гальванометра и, съ измѣненіемъ со временемъ его чувствительности, потребовали-бы передѣлки. Сопротивленія реостатовъ должны быть весьма значительными для того, чтобы можно было пренебречь сопротивленіемъ гальванометра (93 ома). Съ помощью того-же гальванометра въ отвѣтвленіи повѣрка закона производится всегда надежно. Реостаты могутъ быть замѣнены лампочками накаливанія одинаковаго сопротивленія. Для этого нужно ввести въ шунтъ столько сопротивленія, чтобы каждая лампочка, поочередно вводимая въ цѣпь, давала одно и то-же отклоненіе, равное шести дѣленіямъ шкалы; въ такомъ случаѣ двѣ лампочки, введенныя послѣдовательно въ цѣпь, дадутъ отклоненіе равное тремъ и три лампочки—двумъ дѣленіямъ шкалы.

При производствѣ опыта достаточно указать, что сопротивленія гальванометра и батареи не принимаются въ разсчетъ, какъ незначительныя по сравненію съ сопротивленіемъ лампочекъ. При первой возможности слѣдуетъ вернуться къ этому вопросу и произвести соотвѣтствующія измѣренія и вычисленія.

Изъ формулы (1), какъ указано выше, слѣдуетъ, что для данныхъ R и i сопротивленіе гальванометра уменьшается съ увеличеніемъ E; поэтому полезно выбрать R достаточно большимъ, чтобы по сравненію съ его значеніемъ можно было пренебречь сопротивленіемъ батареи, составленной изъ послѣдовательно соединенныхъ элементовъ малаго сопротивленія.

Выбирая, напримѣръ, сопротивленіе одной лампочки въ 100 омовъ и электродвижущую силу батареи въ 6 вольтъ, находимъ для сопротивленія гальванометра:

$$x = \frac{300.93.0,0004}{6-0,0004.93} = 1,87 \text{ ома.}$$

Сопротивленія цѣпи (исключая сопротивленіе батареи).	Должно быть.
I 301,87	301,87
II 201,87	201,24
III 101,87	100,62

Пренебрегая, слѣдовательно, сопротивленіемъ гальванометра, допускаемъ ошибку, равную приблизительно 1% всего сопротивленія.

Чтобы показать зависимость силы тока отъ полнаго сопротивленія цѣпи, можно, какъ извѣстно, поступить слѣдующимъ образомъ. Два совершенно одинаковыхъ элемента Грене, содержащихъ приблизительно одинаковое количество жидкости, поочередно соединяются съ гальванометромъ при помощи однихъ и тѣхъ же проволокъ. Въ первомъ опытѣ сопротивленіе шунта регулируется такимъ образомъ, чтобы стрѣлка гальванометра отклонилась на цѣлое (не болѣе 5) число дѣленій шкалы. Регулируя количество жидкости во второмъ элементѣ до тѣхъ поръ, пока не получимъ той же силы тока, уравняемъ внутреннее сопротивленіе элементовъ. Если затѣмъ, соединить элементы между собою толстыми короткими шнурами параллельно и присоединить ихъ къ гальванометру проволоками, полученными дѣленіемъ пополамъ проволокъ, служившихъ въ первомъ опытѣ, то гальванометръ долженъ показать двойную силу тока. Незначительное сопротивленіе гальванометра не должно вліять на результатъ. Гальванометръ въ отвѣтвленіи удовлетворяетъ требуемому условію. Въ самомъ дѣлѣ, обозначая силу тока въ въ первомъ опытѣ черезъ i, а во второмъ черезъ i' и полагая въ равенствѣ $\frac{Ri}{E-ri} = \frac{R'i'}{E-ri'}$ $R = 2R'$, гдѣ R обозначаетъ полное сопротивленіе цѣпи за исключеніемъ сопротивленія

гальванометра въ 1-омъ опытѣ, получимъ по сокращеніи

$$\frac{2i}{E-ri}=\frac{i'}{E-ri'},$$ откуда $2i\,E-2ii'r=i'E-ii'r$,

или $2i\,E=i'E+ii'r$, откуда

$$\frac{i}{i'}=\frac{E+ir}{2E},\ \text{или}\ \frac{i}{i'}=\frac{1}{2}+\frac{ir}{2E}.$$

Итакъ, точность опыта не зависитъ отъ величины R и увеличивается съ уменьшеніемъ дроби $\frac{ir}{2E}$. Если для i выберемъ наименьшую возможную силу тока, отклоняющую стрѣлку гальванометра на 1 дѣленіе шкалы, то при описанномъ расположеніи опыта получимъ для дроби $\frac{ir}{2E}$ приблизительное значеніе $\frac{0{,}0002.93}{4}=0{,}00465$,

т. е. $i:i'=50465:100000$ (вмѣсто 50000:100000).

IV. Повѣрка закона сопротивленія проводниковъ.

Точность измѣренія сопротивленій съ помощью вертикальнаго гальванометра въ отвѣтвленіи увеличивается съ увеличеніемъ измѣряемыхъ сопротивленій, но вообще она вполнѣ достаточна для классной повѣрки законовъ сопротивленія проводниковъ, какъ твердыхъ, такъ и жидкихъ.

Сопротивленіе проводника данной длины обратно пропорціонально его сѣченію и не зависитъ отъ величины его поверхности.

Для доказательства годятся металлическія (не металлизированныя) ленты изъ ламетты, которыя продаются въ галантерейныхъ магазинахъ кусками до 20 метровъ. Такія ленты представляютъ вполнѣ однородное сопротивленіе, приблизительно 0,1—0,15 ома на метръ въ зависимости отъ ширины. Кусокъ въ нѣсколько метровъ длиною дѣлится на 3 части въ отношеніи *2:2:1*. Сопротивленіе двухъ длинныхъ лентъ, сшитыхъ по длинѣ, оказывается равнымъ сопротивленію одной короткой. Сопротивленіе ленты не мѣняется, если не мѣняя ея длины и сѣченія, измѣнимъ ея форму и величину

поверхности, напримѣръ, свернемъ въ тонкую трубку. Токъ долженъ быть настолько слабъ, чтобы лента замѣтно не нагрѣвалась.

Такъ же можетъ быть произведена повѣрка закона длл электролитовъ. Въ прямоугольную, горизонтально установленную стеклянную ванну съ мѣдными электродами наливается отмѣренное количество мѣднаго купороса. Электроды устанавливаются другъ отъ друга на опредѣленномъ разстояніи, которое измѣряется помощью бумажки съ крупными дѣленіями, наклеенной на одной изъ длинныхъ стѣнокъ ванны; затѣмъ подбирается такое сопротивленіе шунта, чтобы отклоненіе стрѣлки гальванометра равнялось цѣлому числу дѣленій шкалы. Приливши въ ванну равное количество жидкости, найдемъ, что для полученія того-же сопротивленія нужно увеличить разстояніе между электродами вдвое.

V. Повѣрка закона Джоуля-Ленца.

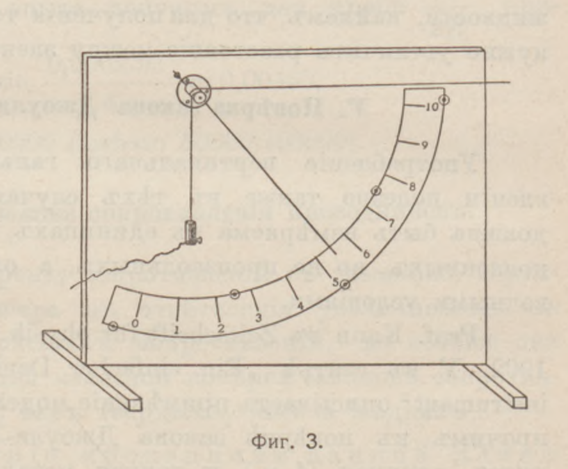
Употребленіе вертикальнаго гальванометра въ отвѣтвленіи полезно также въ тѣхъ случаяхъ, гдѣ сила тока должна быть измѣряема въ единицахъ, отличныхъ отъ установленныхъ, но не произвольныхъ, а опредѣляемыхъ добавочными условіями.

Prof. Kann въ Zeitschrift für physik. und chem. Unterricht, 1902, V въ статьѣ „Ein einfacher Demonstrations-Hitzdrath-instrument" описываетъ примѣненіе модели амперметра между прочимъ къ повѣркѣ закона Джоуля-Ленца. Въ цѣпь вводится длинная (4 м.) и тонкая металлическая проволока, одинъ конецъ которой закрѣпленъ неподвижно, а другой перекинутъ черезъ блокъ и натянутъ грузомъ съ зажимомъ для соединенія съ батареей. На ось блока насажена стрѣлка, движущаяся при удлиненіи проволоки по шкалѣ. При нагрѣваніи проволоки токомъ въ 2 ампера стрѣлка проходила отъ 0 до 2,5, а при нагрѣваніи токомъ въ 4 ампера—до 10 дѣленій шкалы.

Причины неточности лежатъ въ увеличеніи потери проволокой тепла на лучеиспусканіе и проводимость съ повышеніемъ температуры и могутъ быть уменьшены, если пользоваться болѣе слабыми токами [1]) и одновременно увеличить

[1]) Примѣнялись токи приблизительно въ 0,5, 1, 1,5 ампера.

чувствительность прибора. Увеличеніе чувствительности было достигнуто замѣною блока валикомъ малаго діаметра, вращающагося съ малымъ треніемъ на оси; для нагрѣванія была взята весьма тонкая мѣдная проволока, длиною около 3 м. Черезъ проволоку пропускался токъ такой силы, при которой стрѣлка прибора, соединенная съ валомъ, проходила одно дѣленіе шкалы; въ отвѣтвленіи гальванометра вводилось столько сопротивленія, чтобы отклоненіе его стрѣлки также равнялось одному дѣленію. Когда стрѣлка гальванометра показывала 2 и 3 избранныхъ единицъ тока, то стрѣлка прибора соотвѣтственно показывала 4 и 9 дѣленій шкалы. Для успѣха опыта необходимо, чтобы стрѣлка прибора возвращалась съ прерываніемъ тока къ нулю; съ этою цѣлью шкала прибора была сдѣлана подвижною. Валъ со стрѣлкою и шкала были укрѣплены на вертикальной доскѣ съ подставкой. Длина стрѣлки 33 см., длина одного дѣленія шкалы около 5 см. (фиг. 3). Сила тока регулировалась приблизительно съ помощью ламповаго реостата и точно съ помощью реостата малаго сопротивленія.



Фиг. 3.

По тому же способу была произведена повѣрка 1-й части закона Джоуля-Ленца. Пропускается токъ такой силы, чтобы стрѣлка прибора прошла 4 дѣленія шкалы: гальванометръ долженъ показывать произвольное цѣлое число дѣленій. Затѣмъ къ первой проволокѣ присоединяется другая той же длины и изъ того-же куска; сплетенные концы проволокъ закрѣпляются въ зажимахъ, въ воздухѣ же они идутъ раздѣльно. Пропуская токъ той же силы, что и въ первомъ опытѣ, получимъ отклоненіе стрѣлки прибора, равное одному дѣленію. Количество теплоты, приходящееся на каждую проволоку, равно $\left(\frac{1}{2}\cdot\frac{1}{2}\right)$ одной четверти, выдѣленной въ первомъ опытѣ.

Варшава.

Практическія занятія по физикѣ въ средней школѣ.

13. Измѣреніе коэффиціента расширенія жидкости.

Теорія. Чтобы измѣрить коэффиціентъ расширенія жидкости независимо отъ расширенія заключающаго ее сосуда, Дюлонгъ и Пти воспользовались тою теоремою гидростатики, согласно которой въ двухъ сообщающихся сосудахъ высоты h_1 и h_2 двухъ разнородныхъ жидкостей относятся между собою обратно пропорціонально ихъ плотностямъ d_1 и d_2, т. е.

$$\frac{h_2}{h_1} = \frac{d_1}{d_2}. \tag{1}$$

Примѣняя эту теерему къ изученію расширенія однородной жидкости, они наполняли сообщающіеся сосуды этою жидкостью, но одно колѣно поддерживали при постоянной низкой температурѣ t_1, а другое—при постоянной высокой t_2 и создавали такимъ образомъ двѣ разныя плотности d_1 и d_2 и двѣ разныя высоты h_1 и h_2.

Отношеніе плотностей d_1/d_2 испытуемой жидкости въ ур. (1) легко замѣнить поэтому отношеніемъ объемовъ v_2/v_1 при тѣхъ же температурахъ t_1 и t_2, ибо для одного и того-же тѣла, какъ извѣстно,

$$v_1 d_1 = v_2 d_2.$$

Но объемы v_1 и v_2 при температурахъ t_1 и t_2 можно съ достаточною точностью выразить черезъ объемъ v_0 при температурѣ нуля, искомый коэффиціентъ расширенія α и текущую температуру t_1 или t_2 при помощи уравненій

$$v_1 = v_0 (1 + \alpha t_1)$$

и

$$v_2 = v_0 (1 + \alpha t_2),$$

откуда

$$\frac{v_1}{1 + \alpha t_1} = \frac{v_2}{1 + \alpha t_2},$$

или

$$\frac{v_2}{v_1} = \frac{1 + \alpha t_2}{1 + \alpha t_1} = 1 + \alpha (t_2 - t_1).$$

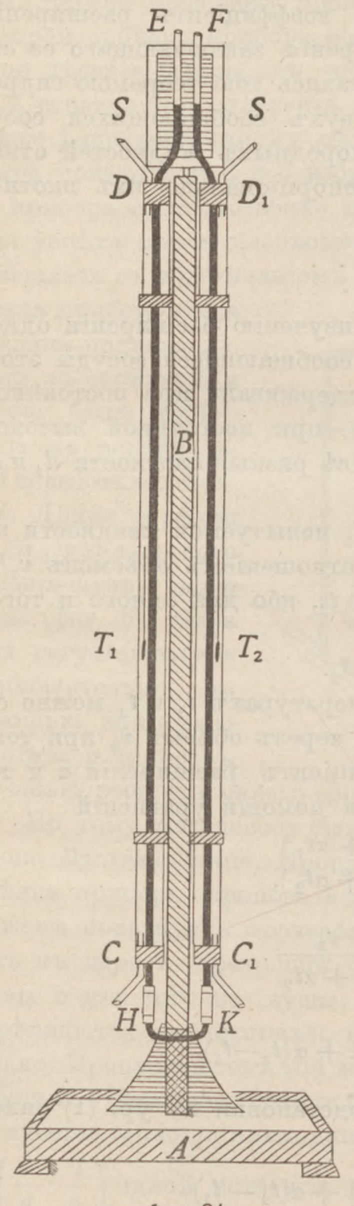
Такимъ образомъ, послѣ подстановки въ ур. (1) находимъ, что

$$\frac{h_2}{h_1} = \frac{d_1}{d_2} = \frac{v_2}{v_1} = 1 + \alpha (t_2 - t_1)$$

и что

$$\alpha = \frac{h_2 - h_1}{h_1(t_2 - t_1)}. \quad (2)$$

Отсюда мы видимъ, что для опредѣленія коэффиціента абсолютнаго расширенія α данной жидкости необходимо измѣрить начальную высоту жидкой колонны h_1 при комнатной температурѣ t_1, приращеніе ея высоты $(h_2 - h_1)$ и соотвѣтствующее повышеніе температуры $(t_2 - t_1)$.



Фиг. 24.

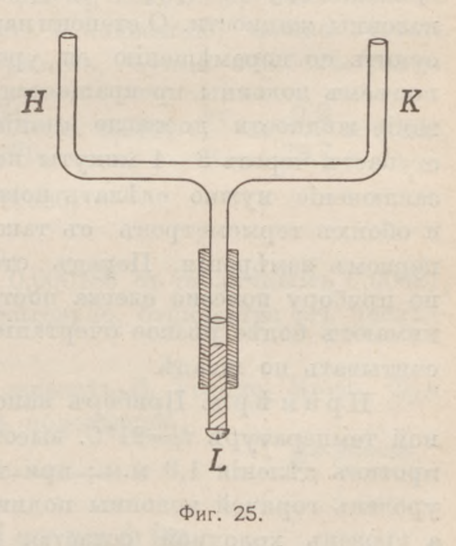
Описаніе прибора. Приборъ, который мы предлагаемъ для рѣшенія этой задачи, изображенъ на фиг. 24-й. Онъ состоитъ изъ вертикальной деревянной подставки AB, вдоль которой укрѣплены съ обѣихъ сторонъ двѣ широкія стеклянныя трубки CD и C_1D_1. Внутри широкихъ трубъ помѣщается тонкая стеклянная U-образная трубка, согнутая внизу и открытая вверху у обоихъ своихъ концовъ E и F. Внутренняя трубка держится на 4 пробкахъ, вставленныхъ въ концы двухъ широкихъ трубъ CD и C_1D_1. Рядомъ съ тонкою трубкою въ каждомъ колѣнѣ виситъ термометръ, раздѣленный на градусы, для измѣренія температуры t_1 и t_2.

Труба CD наполняется водою черезъ отверстіе въ пробкѣ D, когда нижнее отверстіе C закрыто, а въ трубу C_1D_1 направляется струя пара изъ кипятильника; паръ входитъ че-

резъ особое отверстіе въ верхней пробкѣ D_1 и уходитъ черезъ другое отверстіе въ нижней пробкѣ C_1.

Для отсчета приращенія высоты жидкой колонны $(h_2 - h_1)$ у открытыхъ концовъ E и F тонкой трубки стоитъ миллиметровая шкала S, нарѣзанная на зеркальной пластинкѣ для исключенія ошибки на параллаксъ при отсчетѣ положенія мениска при температурахъ t_1 и t_2. Размѣры этого прибора слѣдующіе: длина наружныхъ трубокъ около 1 метра; ихъ діаметръ около 22 мм.; діаметръ внутреннихъ трубокъ около 4 мм.; длина пробокъ равна 20 мм.; зеркальная шкала раздѣлена черезъ одинъ миллиметръ на протяженіи 100 мм.

Установка прибора. Установку прибора начинаютъ съ того, что всѣ трубки тщательно протираютъ и наполняютъ испытуемою жидкостью съ высокою температурою кипѣнія, дабы избѣжать ея испаренія изъ открытыхъ концовъ E и F U-образной трубки. Наполненіе лучше всего производить слѣдующимъ образомъ: положить приборъ на столъ такъ, чтобы верхніе концы E и F U-образной трубки лежали немного выше, чѣмъ нижніе ея концы C и C_1 и стеклянный тройникъ HKL (фиг. 25), который соединенъ съ ними посредствомъ двухъ кусочковъ крѣпкой каучуковой трубки. На конецъ L этого тройника плотно надѣть третій кусочекъ той-же каучуковой трубки,—вставить въ нее воронку съ оттянутымъ концомъ, зажать каучуковую трубку ниже воронки, влить въ нее около 20 см.³ жидкости и осторожно впустить ее въ U-образную трубку, пока она не достигнетъ середины зеркальной шкалы S. Послѣ этого вынуть воронку, герметически закрыть каучуковую трубку желѣзною пробкою, приготовленною заранѣе, и поставить приборъ вертикально. Такъ какъ одно наполненіе даннаго прибора можетъ слу-



Фиг. 25.

жить для производства очень многихъ измѣренiй, то его слѣдуетъ сдѣлать тщательно и сразу удалить всѣ пузырьки воздуха.

Послѣ этого трубку CD нужно наполнить водою комнатной температуры черезъ отверстiе, сдѣланное въ пробкѣ D, а трубку C_1D_1 соединить каучуковою трубою съ приготовленнымъ для опыта кипятильникомъ.

Манипуляцiи. Когда приборъ собранъ и установленъ, то манипулировать съ нимъ очень просто.

Прежде всего нужно отсчитать положенiе обоихъ уровненiй въ трубкахъ E и F по зеркальной шкалѣ до десятыхъ долей миллиметра и показанiя обоихъ термометровъ T_1 и T_2 до десятыхъ долей градуса. Затѣмъ слѣдуетъ грѣть кипятильникъ до тѣхъ поръ, пока содержащаяся въ немъ вода не закипитъ и не дастъ обильной струи пара для согрѣванiя трубки C_1D_1 и содержащейся въ ней испытуемой колонны жидкости. О степени нагрѣванiя этой колонны можно судить по перемѣщенiю ея уровня вдоль шкалы S; когда подъемъ колонны прекращается, то это значитъ, что нагрѣванiе жидкости достигло стацiонарнаго состоянiя. Оно наступаетъ черезъ 3—4 минуты послѣ впуска струи пара. Въ заключенiе нужно сдѣлать новые отсчеты обоихъ уровней и обоихъ термометровъ съ такою-же точностью, какъ при первомъ измѣренiи. Передъ отсчетами положенiя уровней по прибору полезно слегка постукивать; тогда мениски принимаютъ болѣе рѣзкое очертанiе, и ихъ положенiе легче отсчитывать по шкалѣ.

Примѣръ. Приборъ наполненъ ртутью; при комнатной температурѣ $t_1=21^0 C.$ высота обоихъ уровней находится противъ дѣленiя 1,3 м.м.; при температурѣ пара $t_2=99^0,7 C.$ уровень горячей колонны поднимается до дѣленiя 15,5 мм., а уровень холодной остается на прежней высотѣ 1,3 мм. Отсюда приращенiе высоты $h_2-h_1=15,5-1,3=14,2$ мм., а приращенiе температуры $t_2-t_1=99,7-21,0=78^0,6$.

Что касается начальной высоты h_1, то мы измѣряемъ ее не всю, отъ нижней соединительной части HK до свободнаго уровня при шкалѣ S, а только ту часть, которая прогрѣвается паромъ. Опытъ показываетъ, что нижняя соединительная трубка почти не согрѣвается; вверху, напро-

тивъ того, наблюдается слабое обогрѣваніе вслѣдствіе конвекціи. Отъ этихъ ошибокъ можно легко избавиться, окруживъ трубку со ртутью за предѣлами обогрѣванія C_1D_1 ватою, смоченною водою комнатной температуры t_1. Въ нашемъ опытѣ высота $h_1=970$ мм. между серединами пробокъ.

На основаніи этихъ данныхъ находимъ, что

$$\alpha = \frac{h_2-h_1}{h_1\,(t_2-t_1)} = \frac{14,2}{970\times 78,7} = 0,000186.$$

Максимальная ошибка. Ошибка результата въ этой задачѣ зависитъ отъ ошибки измѣренія приращенія высоты ртутной колонны $h_2-h_1=\gamma=14,2$ мм., которая наблюдается при измѣненіи температуры $t_2-t_1=\tau=78^0,7\,C.$, и отъ ошибки при опредѣленіи высоты $h_1=970$ мм. Точность измѣренія γ можно считать до 0,2 мм.; точность измѣренія τ до $0,^02\,C.$; точность измѣренія h_1, вслѣдствіе неизбѣжныхъ ошибокъ на теплопроводность и конвекцію, можно считать лишь до 10 мм. Такимъ образомъ, сумма ошибокъ равна:

$$\frac{\delta\gamma}{\gamma}=\frac{0,2}{14,2}=0,01+;\quad \frac{\delta h_1}{h_1}=\frac{10}{970}=0,010;\quad \frac{\delta\tau}{\tau}=\frac{0,2}{78,7}=0,002,$$

или $0,014+0,010+0,002=0,026$,

что составляетъ $2,6^0/_0$.

Сравнивая наше число 0,000186 съ табличнымъ 0,00081, мы видимъ, что оно, дѣйствительно, отличается отъ послѣдняго на $2,8^0/_0$.

Этотъ приборъ можно заказать В. Усенко (Кіевъ, Фундуклеевская, 5) за 6 руб. съ подставкою.

Г. Де-Метцъ.

Библіографія.

17. *Курсъ Физической Географіи П. И. Броунова*, заслуж. проф. С.-Петерб. университета. Спб. издан. К. Л. Риккера. 1910.

Книга проф. Броунова написана совершенно въ иномъ духѣ, чѣмъ проф. М. П. Рудзкаго (Физ. Об. 1911, стр. 207). Авторъ стремился сдѣлать ее доступной для широкаго круга читателей, изъ которыхъ не исключены и учащіеся среднихъ

учебныхъ заведеній. Главнымъ образомъ она имѣетъ въ виду студентовъ университета и, дѣйствительно, она прекрасно соотвѣтствуетъ программамъ естественнаго отдѣленія физико-математическаго факультета.

Пока вышелъ первый томъ курса, заключающій Физическую Географію въ тѣсномъ смыслѣ слова: онъ представляетъ самостоятельное цѣлое, такъ какъ во второмъ томѣ будетъ изложена метеорологія, совершенно обособленная дисциплина.

Авторъ ограничивается лишь самыми краткими математическими указаніями, по большей части напечатанными мелкимъ шрифтомъ. Такимъ образомъ, курсъ имѣетъ описательный характеръ, и въ этомъ отношеніи онъ даетъ богатый, отлично сгруппированный и разработанный матеріалъ.

Книга иллюстрирована многочисленными рисунками и прекрасно издана извѣстной фирмой Риккера. Цѣна ея довольно высока (4 рубля).

Содержаніе своего курса авторъ раздѣлилъ на четыре отдѣла, которые озаглавлены: 1) общія свѣдѣнія о землѣ, 2) морфологія суши, 3) воды, суши, 4) океаны и моря. Первый отдѣлъ, трактующій о формѣ земли, силѣ тяжести на землѣ, внутренности земного шара, вулканическихъ и сейсмическихъ явленіяхъ, вышелъ менѣе всего разработаннымъ, такъ какъ въ немъ труднѣе всего избѣжать математическаго анализа, стремясь дать болѣе или менѣе полное изложеніе предмета. Въ остальныхъ отдѣлахъ обращаетъ на себя вниманіе очень подробное разсмотрѣніе рѣкъ и озеръ. Труды русскихъ ученыхъ, а равно и физико-географическія соотношенія Россіи выдвинуты на первый планъ. Авторъ даетъ вездѣ достаточныя указанія относительно приборовъ, служащихъ для тѣхъ или иныхъ физико-географическихъ измѣреній. Такимъ образомъ, курсъ проф. Броунова вполнѣ отвѣчаетъ своей цѣли, студенты и преподаватели географіи пріобрѣтаютъ въ немъ цѣнное руководство. *Ч. Т. Бялобржескій.*

Хроника.

4. *Холодный свѣтъ Дюссо.* Въ Comptes rendus Парижской академіи (Т. 152, №№ 11, 16, 26, 1911) Дюссо описываетъ рядъ замѣчательныхъ опытовъ, которые онъ сдѣлалъ съ очень хорошо разрѣженными вольфрамовыми лампочками накаливанія для нормальнаго напряженія въ 15 вольтъ. Пропуская на короткое время токъ въ 1 амперъ, т. е. затрачивая всего 15 уаттъ, онъ получалъ яркость свѣта равную яркости дугового фонаря при 110 вольтахъ и 30 амперахъ, или 3.300 уаттъ. Такимъ образомъ, въ экономическомъ отношеніи холодный свѣтъ Дюссо оказался въ 200 разъ дешевле свѣта дуговой лампы. Но еще замѣчательнѣе слѣдующія его свойства. Помѣстивъ монету и бумажныя деньги въ картонную коробку и освѣтивъ коробку извнѣ своимъ свѣтомъ, Дюссо увидѣлъ монету и деньги. Ему удалось читать письма не только черезъ плотные конверты, но и черезъ бристольскій картонъ. Отсюда видно, какъ велика яркость новой лампы.

Само собою разумѣется, что Дюссо немедленно примѣнилъ этотъ яркій и дешевый источникъ холоднаго свѣта къ разнымъ практическимъ задачамъ: проекціямъ, маякамъ, кинематографу, фотографіи, микроскопіи, гдѣ теплота свѣта часто бываетъ даже вредною.

Какимъ же образомъ Дюссо дѣлаетъ холодный свѣтъ? Очень просто. Онъ помѣщаетъ 16 лампочекъ по 2,5 см. въ діаметрѣ съ вольфрамовымъ волокномъ на вращающійся дискъ съ коммутаторомъ. Каждая лампочка нормально горитъ при 10 вольтахъ и 1 амперѣ, а во время вращенія въ каждую изъ нихъ послѣдовательно поступаетъ токъ въ 1,5 ампера при 20 вольтахъ. Отсюда происходитъ сильный, но очень кратковременный перекалъ и ослѣпительный свѣтъ. Съ затратою въ 30 уаттъ Дюссо удавалось получать отличныя проекціи въ 8 м. въ діаметрѣ съ обыкновенными діапозитивами, въ 5 м. съ кинематографическими лентами, въ 4 м. съ цвѣтными фотографіями, въ 1,5 м. при дневномъ свѣтѣ.

Сдѣлавъ сосуды лампочекъ изъ кварца, онъ обнаружилъ въ нихъ богатый запасъ ультра-фіолетовыхъ лучей, а отсюда новыя приложенія къ стерилизаціи, лечебнымъ цѣлямъ, телефоніи, телеграфіи и фотографіи.

Въ заключеніе отмѣтимъ еще слѣдующіе опыты безъ подъема вольтажа. Свернувъ вольфрамовую проволоку въ соленоидъ около 30 мм.^{2} и пропустивъ черезъ него токъ въ 1,3 ампера, Дюссо получилъ въ своей лампѣ при 20 уаттахъ такую-же яркость, какъ въ лампѣ накаливанія съ угольнымъ волокномъ при 400 уаттахъ, т. е. съ затратою въ 20 разъ меньшею. Для того, чтобы соленоидъ при накаливаніи не прогибался, Дюссо его помѣщаетъ въ поле особаго магнита.

Это открытіе нужно признать удивительнымъ! Въ особенности, если подумать, что для его эксплоатаціи не нужны дорогостоющія станціи высокаго напряженія, а достаточна батарея въ десятокъ аккумуляторовъ и вращающійся коммутаторъ.

5. *Освѣщеніе неоновыми трубами.* Клодъ, который при помощи жидкаго воздуха нашелъ простой способъ приготовленія рѣдкихъ газовъ, заключающихся въ атмосферѣ, занялся въ послѣднее время примѣненіемъ неона къ цѣлямъ освѣщенія. Съ этою цѣлью онъ готовитъ теперь трубы въ 6 м. длиною и 4,5 см. въ діаметрѣ и наполняетъ ихъ разрѣженнымъ, но тщательно очищеннымъ отъ всякихъ примѣсей неономъ. Малѣйшіе слѣды постороннихъ газовъ очень понижаютъ яркость освѣщенія. Такія трубы включаются въ цѣпь съ напряженіемъ въ 1.000 вольтъ и черезъ нихъ проходитъ токъ въ 0,94 ампера. Яркость освѣщенія на погонный метръ трубки равна 235 Н.К. свѣчей Геффнера, оттѣнокъ его красивый, золотисто-желтый. Хотя экономическія данныя этого новаго рода освѣщенія уже вполнѣ благопріятны, тѣмъ не менѣе Клодъ еще работаетъ надъ этою задачею и еще ищетъ наиболѣе цѣлесообразныя условія для давленія газа въ трубѣ, ея длины, ея діаметра, плотности тока, въ надеждѣ сдѣлать это освѣщеніе болѣе практичнымъ, чѣмъ освѣщеніе Мура, съ которымъ оно имѣетъ много общаго. (Comptes rendus, T. 151, 1910, p. 1122).

Некрологъ.

Семья русскихъ физиковъ опять понесла большую утрату въ лицѣ скончавшагося профессора Харьковскаго университета Евгенія Александровича Роговскаго и неожиданно погибшаго въ горахъ Швейцаріи молодого ученаго Александра Григорьевича Іолосса. Миръ ихъ праху!